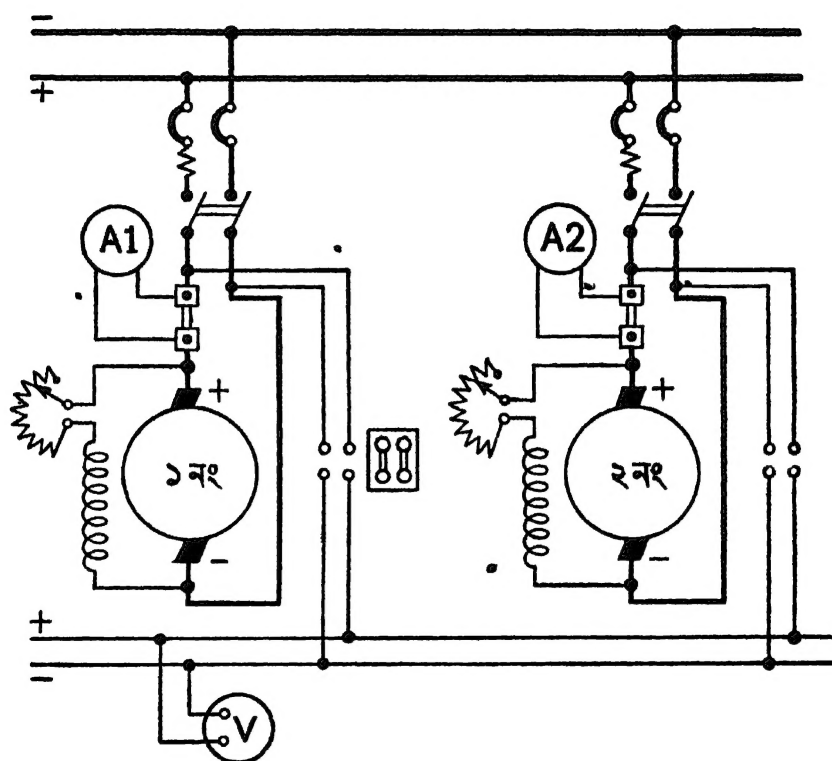


ডি. সি. হেসিন



সম্পাদক ও গল্পোপাধ্যায়

নিউ সেন্ট্রাল বুক এজেন্সী

ডি. সি. মেনিন

(এক পি এম., এম কে এম ও এম আই একক অনুসারে লিখিত)

[পশ্চিমবঙ্গ সরকারের ইলেকট্রিক্যাল সুপারভাইজার লাইসেন্সের
যোগ্যতা নির্ধারক পরীক্ষার তৃতীয় অংশের (Part 3) পূর্ণ পাঠ্যক্রম
অনুসারে লিখিত, ভারতীয় বৈজ্ঞানিক আইনের প্রয়োজনীয় অংশের
বাংলা অনুবাদ সংযোজিত এবং ভাষাতা। গানক সংস্কার নিয়মাবলী
উপযুক্ত স্থানে সন্নিবেশিত]

শ্রীশ্রীলপ্রসাদ গঙ্গোপাধ্যায় এম্. আর্চ ই. এম. আই
লাহোব ম্যাকলাগ্যান ইংলিশ মিডিয়াম প. স. ও ইলেকট্রিক্যাল
ইঞ্জিনিয়ারিংয়ের অবসরপাশ্চ সহকারী অধ্যাপক

ও

শ্রীমুখাংশু সমাদ্দার বি. ই. ই., এম. আই. ই
অধ্যাপক, ইলেকট্রিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং, কুমিল্লা টেকনিক্যাল স্কুল

নিউ সেন্ট্রাল বুক এজেন্সি
৮/১, চিত্তামণি দাস লেন : কলিকাতা-৭০০০০১

প্রকাশক :

জৈ. এন্. সেন

৮/১ চিন্তামণি দাস লেন

কলিকাতা-৯

মুদ্রাকর :

শ্রীঅনিল কুমার ঘোষ

দি অশোক প্রিন্টিং ওয়ার্কস্

২০৯এ, বিধান সরণী

কলিকাতা-৬

ଭୂମିକା

প্রায় তিন বৎসর পূর্বে এ সি. মেরিসন (প্রথম খণ্ড) বইটি যখন আত্মপ্রকাশ করে, তখন তাহা অগণিত পাঠক আর স্বীকৃতিবোধ প্রশংসালাভে দগ্ধ হয় । সেই সময় ছাত্রগণের অনুরোধে এবং সেন্ট্রাল বুক এক্সেন্সীব শ্রীযামিনীকান্ত সেন ও শ্রীযোগেন্দ্রনাথ সেনের অক্লান্ত উৎসাহে ডি. সি. মেরিসন সম্বন্ধে বর্তমান গল্পটি বচনায় প্রবৃত্ত হইল।

প্রায় তিন বৎসর পরিশ্রমের পর পুস্তকটি বঙ্গীয় আকারে প্রকাশ করা সম্ভব হইল। এই পুস্তক পর্বানতঃ ইলেকট্রিক্যাল সুপারভাইজার লাইসেন্সের যোগ্যতা নির্ধারণক পৰীক্ষার তৃতীয় অংশের (Part 3) পাসক্রম অনুযায়ী লিখিত। তবে ইচ্ছাতে এমন কতগুলি অতিরিক্ত অংশ সংযোগ করা হইয়াছে যাতে বিভিন্ন গণিতেকনিকে পারদর্শিতা ছাত্রগণও এই পুস্তকের সাহায্যে মাধ্যমিক শিক্ষার্থীরা সি. মেরিসন সম্বন্ধে তাহাদের পাসক্রম অনুযায়ী পড়াশুন করিয়া কোন অসুবিধাবোধ না করেন। ডি. সি. মেরিসন সম্বন্ধে প্রায় সকল জ্ঞাতব্য তথ্যই এই পুস্তকে দেওয়া আছে। ছাত্রগণের সুবিচার্থে প্রকিয় ভগ্নবিশদাদ গ্রন্থাপনায় মনোনিবেশ করিয়া “ইলেকট্রিক মেরিসন প্রতিভা” নামের একটি প্রতিকীর্ত (প্রথম খণ্ড) ” পুস্তকটির কিছু অংশের সংগ্রহ দ্বিতীয় অব্যয় সম্বন্ধে করা হইয়াছে, আর পাবলিকেশনস অফ ইন্ডিয়া ভারতীয় বৈদ্যুতিক অংশের প্রয়োজনীয় অংশের জন্য অনুলিপি দেওয়া হইয়াছে। সুপারভাইজার লাইসেন্সের যোগ্যতা নির্ধানক পৰীক্ষার তৃতীয় অংশের ক্ষেত্রে মোটামুটি প্রমাণ ও তাহার উপস্থাপনা দেওয়া হইয়াছে। বর্তমান প্রতিভা পাবলিকেশনস পরিষদের নিয়ম চাক্ষুষ ও পাঠ্যবর্ণনায় লিপিবদ্ধ হইতে পারে। বর্তমান পুস্তকটি গ্রন্থের ত্রুটি ও তাহার গুণগত হইবে।

এই পুস্তক বচনায় সমগ্র আমি ১৩ বছর জাতি আত্মবিক্রমের লালিত্যে
হইয়াছি। পশ্চিমবঙ্গ সরকারের দ্বারা বিদ্যায় পদার্থিক প্রদীপ্তি চক্রের মত
নানা কাজের বাস্তব বস্তু এবং উপাধিভাষ্যের পণ্যসম্পদ ও শ্রম সঞ্চার
প্রণালী ও তাহাদের সংশ্লিষ্ট উত্তর দৃষ্টান্ত লিখিয়া দিয়া আমাকে চিহ্নিতকৃত
আবস্থা বর্ণনা করেন। তাহা ছাড়া প্রথম অবস্থায় অষ্টম পাবলিক বচনায়
কৃত্তিকায় সমস্তটাই বিদ্যায় পবিত্রীকৃত শ্রীকালীপদ বসায় ও এতদ্ব্যতীত
এই পবিত্র বচনায় সমগ্র বিদ্যায় পবিত্রীকৃত শ্রীকালীপদ বসায় ও
আমাকে নানাভাবে সাংগঠ্য করিয়াছে। এতদসঙ্গেও যদি কোন ক্রটি এই পবিত্র
বচনায় পরিলক্ষিত হয়, তবে তাহা বলা হয় আমি ব অক্ষম পবিত্রীকরণ ই একমাত্র দায়ী।

পরিশেষে যাহাদেব অনুবোধে বর্তমান গ্রন্থটি বচনায় প্রবৃত্ত হইয়াছিলাম, সেই ছাত্রগণকে আমার আন্তরিক কৃতজ্ঞতা জানাই। যদি তাহাদের অব্যয়নের কাজে এই পুস্তক সহায়ক হয়, তবেই আমার পবিত্র মার্গে বলিয়া বিবোচিত হইবে।

ବିଶ୍ୱଧାଂଶୁ ମହାନ୍ନାଥ

ইলেকট্রিক্যাল সুপারভাইজার পরীক্ষার তৃতীয় অংশের (Part 3) পাঠ্যক্রম

২৫০ ভোল্ট অপেক্ষা বেশী এবং ৬১০ ভোল্টের অনধিক ভড়িৎ-
চাপের উপযোগী ডি. সি. যন্ত্রপাতি

জেনারেটর—ডি. সি. সিরিজ, সান্ট ও কম্পাউণ্ড জেনারেটর সম্বন্ধে সাধারণ তথ্য।

ডি. সি. জেনারেটর ও ব্যাল্যান্সারের স্থাপন, পরিচালন ও প্যার্যাললেলে চলা।

মোটর—ডি. সি. সিরিজ, সান্ট ও কম্পাউণ্ড মোটর সম্বন্ধে সাধারণ তথ্য।

ডি. সি. মোটরের স্থাপন, পরিচালন, গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ ও ব্যবহার।

কন্ট্রোল গিয়ার—বিভিন্ন প্রকারের সুইচ, ফিউজ, স্টার্টার, কন্ট্রোলার, রেগুলেটর প্রভৃতির স্থাপন ও ব্যবহার।

[স্থাপনের ক্ষেত্রে ইলেকট্রিক্যাল সুপারভাইজার পরীক্ষার চতুর্থ, পঞ্চম ও ষষ্ঠ অংশের পাঠ্যক্রমের অন্তর্ভুক্ত যন্ত্রপাতি বাদে সাধারণভাবে সকল বহনযোগ্য যন্ত্রপাতির স্থাপন ও বৃষ্টিতে হইবে।]

ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন—এই অংশের অন্তর্ভুক্ত স্থাপনের কাজে ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের যে-সকল নিয়ম পালন করিতে হইবে, তাহাদের সম্বন্ধে সাধারণ জ্ঞান।

SYLLABUS

PART 3

**D. C. Apparatus exceeding 250 volts but not
exceeding 650 volts**

Generators—Elementary theory of series, shunt and compound wound d. c. generators.

Installation, operation & parallel running of d. c. generators, balancers.

Motors—Elementary theory of series, shunt and compound wound d. c. motors.

Installation, operation and speed control of d. c. motors and their applications.

Control Gear—Installation of various types of switches, fuses, starters, controllers, regulators and their uses.

[Installations in general including portable appliances but excluding the installation work specifically covered by parts 4, 5 and 6.]

Indian Electricity Rules—A working knowledge of the provisions of the Indian Electricity Rules as applicable to installation work of this Part.

সূচীপত্র

প্রথম অধ্যায়

ডি. সি. জেনারেটর ও ডি. সি. মোটর

উপক্রমিকা

১-৯

তড়িৎ-বর্তনীতে তড়িৎ-চাপ উৎপাদন (Production of E. M. F. in Electric Circuit) : তড়িৎ-চাপ উৎপাদন কবিরার বিভিন্ন পদ্ধতি (পৃ: ১), তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশে ক্যারাদের নিয়মাবলী (পৃ: ৩), লেন্সের নিয়ম (পৃ: ৪), উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের অভিযুক্ত : ফ্রেমিং-এর দক্ষিণ হস্ত নিয়ম (পৃ: ৫), উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের পরিমাণ (পৃ: ৬), প্রণয়না (পৃ: ৮) ।

প্রথম পরিচ্ছেদ

১০-৬৬

ডি. সি. জেনারেটর (D C. Generator) : ডি. সি. জেনারেটরের আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ (পৃ: ১০), ডি. সি. জেনারেটরবেব বিভিন্ন অংশ : ফীল্ড (পৃ: ১২), ফীল্ড ম্যাগনেট (পৃ: ১২), পোল-কোব (পৃ: ১৩), পোল-শ্ (পৃ: ১৩), ইয়োক (পৃ: ১৩), আর্মেচার (পৃ: ১৩), আর্মেচার-শাক্ট (পৃ: ১৩), আর্মেচার-কোর (পৃ: ১৩), আর্মেচার-ডিস্ক (পৃ: ১৩), আর্মেচার-টুথ (পৃ: ১৪), আর্মেচার-স্কট (পৃ: ১৪), কম্যুটেটাব বা দিক-বর্তক (পৃ: ১৪), ব্রাশ (পৃ: ১৫), ব্রাশ-হোল্ডার (পৃ: ১৬), ব্রাশ-হোল্ডার স্প্রিং (পৃ: ১৬), ডি. সি. জেনারেটরের ফীল্ডের গঠন (পৃ: ১৬), ফ্রেম বা ইয়োক (পৃ: ১৬), ফীল্ড-কোর ৷ পোল-কোর (পৃ: ১৭), ফীল্ড কয়েল বা ম্যাগনেটাইজিং কয়েল (পৃ: ২০), ডি. সি. জেনারেটরে আর্মেচারের গঠন (পৃ: ২২), আর্মেচার-কোর (পৃ: ২২), পোল আর আর্মেচারের মধ্যবর্তী ফাঁক (পৃ: ২৬), আর্মেচারে ওয়াইণ্ডিং (পৃ: ২৭), গ্যাম-রিং আর্মেচার (পৃ: ২৮), ড্রাম আর্মেচার (পৃ: ২৯), ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং (পৃ: ৩০), পশ্চাতের পিচ (পৃ: ৩৩), সম্মুখের পিচ (পৃ: ৩৩), প্রোগ্রেসিভ ওয়াইণ্ডিং (পৃ: ৩৩), রেট্রোগ্রেসিভ ওয়াইণ্ডিং (পৃ: ৩৪), নেগিটিভ ব্রাশ (পৃ: ৪০), পজিটিভ ব্রাশ (পৃ: ৪১), বহু পরিবাহী সমন্বিত কয়েল (পৃ: ৪২), বহুচারা ওয়াইণ্ডিং (পৃ: ৪৩), ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ে ঐকোয়ালাইজার বা ঐকোয়ালাইজিং রিং-এর সংযোগ (পৃ: ৪৫), ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং (পৃ: ৪৮), কম্যুটেটরের উপর ব্রাশের

অবস্থান (পৃ: ৫৪), জিয়োমেট্রিক্যাল নিউট্র্যাল অ্যাক্সিস (পৃ: ৫৫),
 ল্যাপ ও ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের ব্যবহার (পৃ: ৫৫), ল্যাপ ও ওয়েভ
 ওয়াইণ্ডিংয়ের মধ্যে পার্থক্য (পৃ: ৫৬), ডি. সি. জেনারেটরে
 কমুটেটাবে গমন (পৃ: ৫৭), কমুটেটার-সেগমেন্ট (পৃ: ৫৭), অন্ডের
 ইন্ডলেশন বা অন্তরণ (পৃ: ৫৭), কমুটেটারের গঠন (পৃ: ৫৭),
 কমুটেটার সেগমেন্টের 'বাইজান' (পৃ: ৬১), ডি. সি. আমেচারে
 আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ (পৃ: ১১), প্রপমাল (পৃ: ১৬)।

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

৬৭-৮৭

আর্মেচার-চুম্বকত্বের প্রতিক্রিয়া ও আর্মেচারে তড়িৎ-
 প্রবাহের দিক-পরিবর্তন (Armature Reaction and
 Commutation) : আর্মেচার চুম্বকত্বের প্রতিক্রিয়া (পৃ: ৬৭),
 গ্রাফের অবস্থানের পরিবর্তন (পৃ: ৬৯), চুম্বকীয় উদাসীন অক্ষ (পৃ: ৬৯),
 আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ায় চুম্বক হ্রাস ও চুম্বক-বেগাব বিকৃতি (পৃ: ৭০),
 আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া অপনোদন কবিরাব বিভিন্ন পদ্ধতি : হাওয়ার ,
 ফার্কস দৈঘ্য ব্রুকি কন (পৃ: ৭৩), কম্পিন্সিট ওয়াইণ্ডিংয়ের ব্যবহার
 (পৃ: ৭৩), ইন্টারপোলিং ব্যবহার (পৃ: ৭৪), কমুটেশন বা অর্মেচার-
 কাব্রেন্টের দিক পরিবর্তন (পৃ: ৭৫), কমুটেটাবে আগুন দেওয়া
 (পৃ: ৭৭), কমুটেশন উন্নত কবিরাব বিভিন্ন পদ্ধতি (পৃ: ৭৭),
 রেজিস্ট্যান্স কমুটেশন (পৃ: ৭৮), ই. এম. এফ. কমুটেশন (পৃ: ৭৮),
 ব্রশসমূহের অবস্থানের পরিবর্তন (পৃ: ৯৯), হর্ট ব্রশের বা মহায়ন্ত্র-পোল
 বা কমুটেট পোল (পৃ: ৮০), প্রপমাল (পৃ: ৮৪)।

তৃতীয় পরিচ্ছেদ

৮৮-১৫৬

বিভিন্ন শ্রেণীর জেনারেটর ও তাহাদের বিশেষত্ব (Different
 types of Generators and their Characteristics) :
 ডি. সি. জেনারেটরের বিশেষত্ব (পৃ: ৮৮), ডি. সি. জেনারেটরের বিভিন্ন
 প্রকার বিশিষ্টতা (পৃ: ৯১), ডি. সি. জেনারেটরের প্রকৃতিগত বৈশিষ্ট্যতা
 (পৃ: ৯৪), সেপারেটল এক্সাইটেড জেনারেটর (পৃ: ৯৬), জেনারেটরের
 চুম্বকীয় বিশিষ্টতা বা সংযুক্তি রেখা নির্ণয় (পৃ: ৯৬), ফীল্ড-রেজিস্ট্যান্স
 লাইন বা ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স-রেখা (পৃ: ১০০), সেপারেটল এক্সাইটেড
 জেনারেটরের বিশিষ্টতা (পৃ: ১০০), সাল্ট জেনারেটর (পৃ: ১০৬),
 সাল্ট জেনারেটরে তড়িৎ-চাপ উৎপাদন (পৃ: ১০৭), ক্রিটিক্যাল ফীল্ড-
 রেজিস্ট্যান্স (পৃ: ১০৯), জেনারেটরের ক্রিটিক্যাল স্পাদ বা ক্রিটিক্যাল
 গতিবেগ (পৃ: ১১০), জেনারেটরে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন না হওয়ার
 বিভিন্ন কারণ (পৃ: ১১১), সাল্ট জেনারেটরের বিশিষ্টতা (পৃ: ১১৩),

সান্ট জেনারেটোরের বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা (পৃ: ১২২), সান্ট জেনারেটোরের ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখা (পৃ: ১২৫), সিরিজ জেনারেটোর (পৃ: ১২৭), সিরিজ জেনারেটোরের বিশিষ্টতা (পৃ: ১২৮), সিরিজ জেনারেটোরের বিভিন্ন প্রকার বিশিষ্টতা-রেখা সম্বন্ধে আলোচনা (পৃ: ১৩১), সিরিজ বুস্টার (পৃ: ১৩২), কম্পাউণ্ড জেনারেটোর (পৃ: ১৩৭), সান্ট জেনারেটোরের প্রকৃতিগত ত্রুটি, আর তাহার প্রতিকারের নিমিত্ত কম্পাউণ্ড জেনারেটোরের উৎপত্তি (পৃ: ১৩৭), কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড জেনারেটোরের বিশিষ্টতা ও ব্যবহার (পৃ: ১৩৯), ফ্লাট অগবা লেভেল কম্পাউণ্ড জেনারেটোর (পৃ: ১৪০), ওভার কম্পাউণ্ড জেনারেটোর (পৃ: ১৪১), আগুর কম্পাউণ্ড জেনারেটোর (পৃ: ১৪২), ডিফারেন্সিয়াল কম্পাউণ্ড জেনারেটোরের বিশিষ্টতা ও ব্যবহার (পৃ: ১৪৩), কম্পাউণ্ড জেনারেটোরের ক্ষীণ কয়েল দুইটির বিভিন্ন প্রকার সংযোগ (পৃ: ১৪৩); সর্ট-সান্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটোর (পৃ: ১৪৪), লং সান্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটোর (পৃ: ১৪৯), প্রণামালা (পৃ: ১৫৩)।

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

১৫৭-১৭১

কয়েকটি বিশেষ ধরনের ডি. সি. জেনারেটোর ও তাহাদের ব্যবহার, জেনারেটোরের তড়িৎ-চাপ নিয়ন্ত্রণ (Some Special Types of D. C. Generators and Their Uses; Voltage Regulations of D. C. Generators): সহায়ক ব্রাশ যুক্ত বা তৃতীয় বাশ যুক্ত ডি. সি. জেনারেটোর (পৃ: ১৫৭), ডিফারেন্সিয়াল-পোল জেনারেটোর (পৃ: ১৫৯), বৈকল্পিক ওয়েস্টিং জেনারেটোর (পৃ: ১৬১), ডি. সি. জেনারেটোরের ভোল্টেজ রেগুলেশন (পৃ: ১৬৫), স্বয়ংক্রিয় ভোল্টেজ রেগুলেটর (পৃ: ১৬৮), টিবিএল রেগুলেটর (পৃ: ১৬৯), প্রণামালা (পৃ: ১৭০)।

পঞ্চম পরিচ্ছেদ

১৭২-২১০

ডি. সি. জেনারেটোরের সংযোগ ও পরিচালন (Connections and Operations of D. C. Generators): ডি. সি. মেসিনের ভিতরের সংযোগ (পৃ: ১৭২), সান্ট মেসিনের ভিতরের সংযোগ (পৃ: ১৭২), সিরিজ মেসিনের ভিতরের সংযোগ (পৃ: ১৭৩), কম্পাউণ্ড মেসিনের ভিতরের সংযোগ (পৃ: ১৭৪), ডি. সি. মেসিনে মেরু পরিবর্তন করার ফল (পৃ: ১৭৬), ডি. সি. জেনারেটোরের পাকের অভিমুখ পরিবর্তনের ফল (পৃ: ১৭৮), লাইনের সহিত জেনারেটোরের সংযোগ (পৃ: ১৮১), অ্যাম্পিটার ও ভোল্টমিটার (পৃ: ১৮১), সুইচ

(পৃ: ১৮৩), ফিউজ বা কাট-আউট (পৃ: ১৮৪), সার্কিট ব্রেকার বা অটোম্যাটিক হুইচ (পৃ: ১৮৫), বাস-বার (পৃ: ১৮৭), একাধিক জেনারেটর একত্রে পবিচালন (পৃ: ১৮৮), একাধিক ডি. সি. জেনারেটর সিরিজে পরিচালন (পৃ: ১৮৯), সাল্ট জেনারেটর সিরিজে পরিচালন (পৃ: ১৯০), সিরিজ জেনারেটর সিরিজে পরিচালন (পৃ: ১৯১), ডি. সি. জেনারেটর প্যার্যাললেলে পরিচালন (পৃ: ১৯১), সাল্ট জেনারেটর প্যার্যাললেলে পরিচালন (পৃ: ১৯২), একাধিক সাল্ট জেনারেটরের প্যার্যাললেলে সংযোগ (পৃ: ১৯৩), কম্পাউণ্ড জেনারেটর প্যার্যাললেলে সংযোগ (পৃ: ১৯৬), ড্রিকোয়ালাইজিং বাস-বার (পৃ: ১৯৭), একাধিক কম্পাউণ্ড জেনারেটরের প্যার্যাললেলে সংযোগ (পৃ: ১৯৮), সিরিজ জেনারেটর প্যার্যাললেলে পরিচালন (পৃ: ১৯৯), প্যার্যাললেলে চলাকালীন জেনারেটরের মধ্যে লোডের বিভাগ (পৃ: ২০০), ডি. সি. জেনারেটর ও স্টোরেজ ব্যাটারি একত্রে প্যার্যাললেলে পরিচালন (পৃ: ২০৬), প্রশ্নমালা (পৃ: ২০৭)।

অষ্ট পরিচ্ছেদ

২১১-৩৪৪

ডি. সি. মোটর (D. C Motors) : ডি. সি. মোটর কেমন করিয়া চলে (পৃ: ২১১), মোটরের প্রত্যেক পবিবাহীতে উৎপন্ন শক্তি (পৃ: ২১৩), ক্রেমিং-এর বাম-হস্ত নিয়ম (পৃ: ২১৫), আৰ্বেচি বা ঘূর্ণক (পৃ: ২১৬), ডি. সি. মোটরে উৎপন্ন ঘূর্ণকের পরিমাণ (পৃ: ২১৭), মোটর চলিতে আরম্ভ করার পরের অবস্থা (পৃ: ২২০), আৰ্বেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল (পৃ: ২২১), মোটরের আৰ্বেচার দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ (পৃ: ২২২), মোটরের আৰ্বেচারে উৎপন্ন যান্ত্রিক শক্তির পরিমাণ (পৃ: ২২২), ডি. সি. মোটরে আৰ্বেচারের প্রতিক্রিয়া এবং ব্রাশের অবস্থান (পৃ: ২২৪), ডি. সি. মোটরের শ্রেণী-বিভাগ (পৃ: ২২৭), সাল্ট মোটর (পৃ: ২২৮), সাল্ট মোটরের আৰ্বেচনের দিক-পরিবর্তন (পৃ: ২৪০), সাল্ট মোটরের বিভিন্ন প্রকারের বিশিষ্টতা ও ব্যবহার, (পৃ: ২৪১), সাল্ট মোটরের 'কারেন্ট-চুম্বক' বিশিষ্টতা (পৃ: ২৪২), লোডের সহিত সাল্ট মোটরে উৎপন্ন ঘূর্ণকের সম্বন্ধ (পৃ: ২৪৩), সাল্ট মোটরের আৰ্বেচার-কারেন্ট আর লোডের মধ্যে সম্বন্ধ (পৃ: ২৪৪), সাল্ট মোটরের গতিবেগ আর লোডের মধ্যে সম্বন্ধ (পৃ: ২৪৫), সাল্ট মোটরের সংক্ষিপ্ত বিবরণ ও ব্যবহার (পৃ: ২৪৬), সিরিজ মোটর (পৃ: ২৪৭), সিরিজ মোটরের আৰ্বেচনের দিক-পরিবর্তন (পৃ: ২৫৩), সিরিজ মোটরের বিভিন্ন প্রকারের বিশিষ্টতা ও ব্যবহার (পৃ: ২৫৫), সিরিজ মোটরের কারেন্ট-চুম্বক বিশিষ্টতা

(পৃ: ২৫৫), লোডের সহিত সিরিজ মোটরে উৎপন্ন ঘূর্ণকের সম্বন্ধ (পৃ: ২৫৫), সিরিজ মোটরের আর্মেচার-কারেন্ট আর লোডের মধ্যে সম্বন্ধ (পৃ: ২৫৭), সিরিজ মোটরের গতিবেগ আর লোডের মধ্যে সম্বন্ধ (পৃ: ২৫৭), সিরিজ মোটরের সংক্ষিপ্ত বিবরণ ও ব্যবহার (পৃ: ২৫৯), কম্পাউণ্ড মোটর (পৃ: ২৬০), কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর (পৃ: ২৬২), ডিকারেন্শাল কম্পাউণ্ড মোটর (পৃ: ২৬৭), ডি. সি. জেনারেটরকে মোটর হিসাবে পরিচালনা করিলে আমেচার কোন দিকে ঘোরে (পৃ: ২৭০), সিরিজ জেনারেটরকে মোটর হিসাবে চালনা করা (পৃ: ২৭২), সাল্ট জেনারেটরকে মোটর হিসাবে চালনা করা (পৃ: ২৭২), কম্পাউণ্ড জেনারেটরকে মোটর হিসাবে চালনা করা (পৃ: ২৭৩), ডি. সি. মেসিনকে উভয় দিকে পরিচালনা করা (পৃ: ২৭৫), ডি. সি. মোটর চালু করা (পৃ: ২৭৭), স্টার্টার (পৃ: ২৭৮), মোটর চালু করিতে কতক্ষণ সময় লাগা উচিত (পৃ: ২৮১), স্টার্টারের ভিন্ন ভিন্ন অংশ (পৃ: ২৮২), নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল বা লো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল (পৃ: ২৮৩), ওভার-লোড রিলীজ কয়েল বা ওভার-কারেন্ট রিলীজ কয়েল (পৃ: ২৮৪), সাল্ট মোটরের স্টার্টার (পৃ: ২৮৪), তিন-প্রান্ত ওয়ালা বা থ্রী-পয়েন্ট স্টার্টার (পৃ: ২৮৫), তিন-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টার ব্যবহারে অস্থবিধা (পৃ: ২৮৮), চার-প্রান্ত ওয়ালা বা ফোর-পয়েন্ট স্টার্টার (পৃ: ২৮৯), স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্সের হিসাব (পৃ: ২৯২), সিরিজ মোটরের স্টার্টার (পৃ: ২৯৯), ড্রাম কন্ট্রোলার (পৃ: ৩০২), স্বয়ংক্রিয় স্টার্টার (পৃ: ৩০৩), থাম্যাল প্রোটেকশন (পৃ: ৩০৫), ম্যাগনেটিক ব্রেক-আউট (পৃ: ৩০৬), মাস্টার কন্ট্রোলার (পৃ: ৩০৭), ডি. সি. মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ (পৃ: ৩০৭), চুষক-ক্ষেত্রের প্রস্থরতা নিয়ন্ত্রণ (পৃ: ৩০৮), পরিবর্তনশীল রোধকের সাহায্যে আর্মেচারের বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ নিয়ন্ত্রণ (পৃ: ৩০৯), আমেচারের দুই প্রান্তের মধ্যে বিভিন্ন মানের তড়িৎ-চাপ প্রয়োগ (পৃ: ৩১১), ওয়াড-লম্বোনার্ড পদ্ধতি (পৃ: ৩১২), বুস্টারের সাহায্যে আর্মেচারের তড়িৎ-চাপ নিয়ন্ত্রণ (পৃ: ৩১৪), সিরিজ-প্যারালেল নিয়ন্ত্রণ (পৃ: ৩১৪), মাল্টিপল-ইউনিট নিয়ন্ত্রণ (পৃ: ৩১৫), তড়িৎ-প্রবাহকে অপরিবর্তিত রাখিয়া নিয়ন্ত্রণ করা (পৃ: ৩১৬), মেটোডাইন নিয়ন্ত্রণ (পৃ: ৩১৮), বৈদ্যুতিক উপায়ে ডি. সি. মোটরের গতিরোধ করা (পৃ: ৩২৬), ইলেক্ট্রোস্ট্যাটিক ব্রেকিং বা ডাইনামিক ব্রেকিং (পৃ: ৩২৬), প্রাগিং (পৃ: ৩২৭), রিজেনারেটিভ ব্রেকিং (পৃ: ৩২৮), প্রপম্বালা (পৃ: ৩৩১) ।

সংক্ষিপ্ত পরিচিতি

৩৪৫-৩৮৭

ডি. সি. মেশিনের কর্মক্ষমতা এবং শক্তির অপচয় (Efficiency and Losses of D. C. Machines) : ডি. সি. মেশিনে বিভিন্ন প্রকারের শক্তির অপচয় (পৃ: ৩৪৫), তারার অংশের অপচয় (পৃ: ৩৪৬), লোহার অংশের অপচয় (পৃ: ৩৪৭), চুম্বকীয়-শৈথিল্য জনিত অপচয় বা হিস্টারেসিস জনিত অপচয় (পৃ: ৩৪৭), আবর্ত-প্রবাহ জনিত অপচয় বা এডি-কারেন্ট জনিত অপচয় (পৃ: ৩৪৭), পোলার ঝপে অপচয় (পৃ: ৩৪৮), ঘর্ষণ ও তাওয়া কাটার ক্ষয় অপচয় (পৃ: ৩৪৮), স্ট্রে পাওয়ার লস (পৃ: ৩৪৯), ডি. সি. মেশিনের কর্মক্ষমতা (পৃ: ৩৪৯), জেনারেটরের কর্মক্ষমতার প্রকারভেদ (পৃ: ৩৫০), ডি. সি. মেশিনের তারার অংশের অপচয় পরিমাপ করা (পৃ: ৩৫৭), উত্তাপ সংশোধন (পৃ: ৩৬১), ডি. সি. মেশিনের যান্ত্রিক অপচয় বা স্ট্রে পাওয়ার লস পরিমাপ করা (পৃ: ৩৬২), স্ক্রইনবার্ণ টেস্ট বা লোডশুল্ক অবস্থায় মেশিনের পরীক্ষা (পৃ: ৩৬২), স্ক্রইনবার্ণের পদ্ধতির সাহায্যে মেশিন পরীক্ষা করার সুবিধা ও অসুবিধা (পৃ: ৩৬৮), হপকিন্সনস টেস্ট বা রিজনারাটিভ টেস্ট (পৃ: ৩৬৯), সিরিজ মেশিনের পরীক্ষা: ফীল্ড টেস্ট (পৃ: ৩৭৭), বেক টেস্ট (পৃ: ৩৭৯), সোম বেক (পৃ: ৩৮১), প্রশ্নমালা (পৃ: ৩৮৫)।

অন্যান্য পরিচিতি

৩৮৮-৪৩৯

ডি. সি. মেশিন স্থাপন করা (Installation of D. C. Machines) : স্থাপনের পূর্বে ডি. সি. মেশিনের পরীক্ষা (পৃ: ৩৮৮), সংযোগের নিরবচ্ছিন্নতা পরীক্ষা বা কন্টিনিউয়িটি টেস্ট (পৃ: ৩৮৯), স্ট-সার্কিট পরীক্ষা (পৃ: ৩৯২), বাতিরের আবরণের সঠিক বিভাজন তাইব সংযোগ পরীক্ষা বা গাউণ্ড টেস্ট (পৃ: ৩৯৩), অন্তরণের রোধ পরীক্ষা বা ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স টেস্ট (পৃ: ৩৯৪), লোকেজ কারেন্ট (পৃ: ৩৯৪), উত্তাপ বৃদ্ধি পরীক্ষা বা টেম্পারেচার টেস্ট (পৃ: ৩৯৮), থার্মোমিটার পদ্ধতি বা থার্মোমিটারের সাহায্যে মেশিনের উত্তাপ বৃদ্ধি পরীক্ষা (পৃ: ৪০০), রেজিস্ট্যান্স পদ্ধতি বা রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ নির্ণয় করিয়া তারার সাহায্যে মেশিনের উত্তাপ বৃদ্ধি পরীক্ষা (পৃ: ৪০০), সর্বোচ্চ কত তাপমাত্রায় মেশিন পরিচালনা করা যাইতে পারে (পৃ: ৪০১), ডি. সি. মেশিনের ভূমি-সংযোগ বা আর্থিং (পৃ: ৪০১), ডি. সি. মেশিনের যত্ন লওয়া (পৃ: ৪০৮), ডি. সি. মোটরের অবলম্বন (পৃ: ৪০৯), দেওয়ালের গায়ে মোটর বসানো (পৃ: ৪০৯), ভিতর দিকের ছাদে মোটর বসানো (পৃ: ৪১০), মোটরের

কন্ক্রীট নির্মিত ভিত্তি (পৃ: ৪১০), ডি. সি. মোটরের ওয়্যাবি (পৃ: ৪১২), বিভিন্ন কাজে ডি. সি. মোটরের ব্যবহার: গৃহস্থালির কাজ (পৃ: ৪৩২), মেশিন টুলস্ পবিচালনা (পৃ: ৪৩২)—লেদ মেশিন, মিলিং মেশিন ও গ্রাইণ্ডিং মেশিন পরিচালনা (পৃ: ৪৩৩), পেনোব মেশিন পরিচালনা (পৃ: ৪৩৩), পাঞ্চিং মেশিন ও শায়াবিং মেশিন পরিচালনা (পৃ: ৪৩৩), ফ্রেন পবিচালনা (পৃ: ৪৩৪), লিফ্ট পরিচালনা (পৃ: ৪৩৪), বঙ্কন শিল্পেব মেশিন পবিচালনা (পৃ: ৪৩৬), ছাপাখানার মেশিন পরিচালনা (পৃ: ৪৩৬), কাগজ তৈরী করার মেশিন পরিচালনা (পৃ: ৪৩৫), লোহা ও ইস্পাতের কারখানা পরিচালনা (পৃ: ৪৩৫), খনিব কাজ পবিচালনা (পৃ: ৪৩৬), পবিবহণ ব্যবস্থা পরিচালনা (পৃ: ৪৩৬), প্রশ্নমালা (পৃ: ৪৩৭) ।

নবম পরিচ্ছেদ

৪৪০-৪৬০

অনুবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহের বণ্টন ব্যবস্থা (Distribution System) : বিদ্যুৎ বণ্টনের জ্ঞান ব্যবস্থার পবিবর্তন (পৃ: ৪৪১), সরবরাহ ব্যবস্থার বিভিন্ন পদ্ধতি (পৃ: ৪৬১), শিবিজ পাবা লেল পদ্ধতি (পৃ: ৪২৩), তিন তারের সরবরাহ ব্যবস্থা (পৃ: ৪৪৩), সরবরাহ প্রান্তের সঠিক মিউট্রাল ত এবং সংযোগ করার বাধ্য প্রয়োজন কেন (পৃ: ৪৪৬), নিউটন তারের টেমপ্যাচার অসমান হয় কেন (পৃ: ৪৪৭), তিন তারের সরবরাহ ব্যবস্থার বিশেষ পদ্ধতি অবলম্বন (পৃ: ৪৪৮) দুইটি জালাদ জেনারেটর ব্যবহার করা (পৃ: ৪৪৮), টোবের জালাবি ব্যবহার করা (পৃ: ৪৫০) বাজার্স ব সেট ব্যবহার করা (পৃ: ৪৫০) তিন-তারা জেনারেটর ব্যবহার করা (পৃ: ৪৫৬), প্রশ্নমালা (পৃ: ৪৫৮) ।

দ্বিতীয় অধ্যায়

ডি. সি. মেশিনের দোষ ও তাহার প্রতিকার

মুখবন্ধ

জেনারেটর ও মোটরের দোষ (পৃ: ৪৬১) ।

প্রথম পরিচ্ছেদ

৪৬৪-৪৮৪

কন্স্টেটারে আগুন দেওয়া (পৃ: ৪৬৪), ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স (পৃ: ৪৭২), আর্থ বা গ্রাউণ্ড এইরূপে ধরিতে পারা যায় (পৃ: ৪৭৫), সাল্ট মেশিনের ফীল্ড-কয়েলের তার ছেঁড়া আছে কি না তাহা এই উপায়ে জানিতে পারা যায় (পৃ: ৪৮১) ।

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

মেশিন গরম হওয়া (পৃ: ৪৮৫) ।

তৃতীয় পরিচ্ছেদ

কন্স্টেটর ও ব্রাশ গরম (পৃ: ৪৮৭) ।

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

আর্মেচার ও ফীল্ড-কয়েল গরম (পৃ: ৪৯০), সমগ্র মেশিনকে শুকাইবার প্রক্রিয়া (পৃ: ৪৯১) ।

পঞ্চম পরিচ্ছেদ

ফীল্ড-ম্যাগনেট গরম (পৃ: ৪৯৪) ।

ষষ্ঠ পরিচ্ছেদ

বেয়ারিং গরম (পৃ: ৪৯৬) ।*

সপ্তম পরিচ্ছেদ

মোটর চলে না (পৃ: ৫০২) ।

অষ্টম পরিচ্ছেদ

জেনারেটরে ভোল্টেজ ওঠে না (পৃ: ৫০৫) ।

নবম পরিচ্ছেদ

ভোল্টেজ ঠিক পরিমাণমত হয় না (পৃ: ৫০৮) ।

দশম পরিচ্ছেদ

মোটর ও জেনারেটর ঠিকমত ঘোরে না : মেশিন বেশী জোরে ঘোরে (পৃ: ৫০৯), মেশিন বড় আস্তে চলে (পৃ: ৫১০) ।

একাদশ পরিচ্ছেদ

মেশিন বড় বেশী আওয়াজ করিয়া চলে (পৃ: ৫১১) ।

পরিশিষ্ট

চতুর্থ পরিচ্ছেদ : ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন, ১৯৫৬

(Chapter IV : Indian Electricity Rules 1956)

নিরাপত্তা সম্পর্কে সাধারণ সতর্কতা (General Safety Regulations) :

বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন ও যন্ত্রপাতিব নিমাণ, স্থাপন, সংরক্ষণ, পরিচালন ও রক্ষণ (পৃ: ৫১০), গ্রাহকের ব ডা ও ওৎসংলগ্ন জামতে স্থাপিত সরবরাহ লাইন ও যন্ত্রপাতি (পৃ: ৫১৬), গ্রাহকের বাড়ীতে ব্যবহৃত কাট আউট বা ছেদক (পৃ: ৫১), মাটির সাহিত যুক্ত পরিবাহী এবং মাটির সাহিত যুক্ত নিউট্রাল পারব ধী সন ত্ত করণ এবং ঐ সকল পরিবাহীতে গুচ্চ ও কাট আউট ব স্বস্থান (পৃ: ৫১৮), গ্রাহকের বাড়ীতে স্থাপিত মাটির সাহিত যুক্ত পরিবাহী ব স্ত্র (পৃ: ৫২০), খোলা অবস্থায় থা পারবাহী স্ত্রের নাগাল পা ওয়া (পৃ: ৫২১), সতর্কতা ব বিজ্ঞপ্তি (পৃ: ৫২১), বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন ও যন্ত্রপাতিতে-হাত দেওয়া (পৃ: ৫২২), যন ব হন, ক্রেন প্রভৃতিতে সরবরাহ দেওয়া (পৃ: ৫২৩), বহন বা পারবরণ যোগ্য যন্ত্রপাতি ব জন্ত ব্যবহৃত কেবুল (পৃ: ৫২৪), বিটুমিন জাতীয় পদার্থ স্ত্র হব দ্বারা সংরক্ষিত কেবুল (পৃ: ৫২৪), বাস্তাব বাস্ত্র (পৃ: ৫২৬), বিভিন্ন তাড়িত চাপে ব বর্তনীর স্বাতন্ত্র্য (পৃ: ৫২৬), আকস্মিক বিদ্যুৎ-প্রবাহে ব সঙ্কট (পৃ: ৫২৭), রক্ষাপ্রদ সবজ্ঞা সম্পর্কে প্রয়োজ্য বিধানসমূহ (পৃ: ৫২৭), ভিত্তিতহত ব্যক্তিদের স্ত্র বরিয়া তোলার নির্দেশসমূহ (পৃ: ৫২৮), দুঘটনাসমূহ জ্ঞাপন কবা (পৃ: ৫৩), গ্রাহক, মালিক, বৈদ্যুতিক ঠিকাদার, বৈদ্যুতিক মিস্ত্রী ও সরবরাহকাবীদের য-সকল সতর্কতা অবলম্বন কবিতে হইবে (পৃ: ৫৩০), গ্রাহকের বৈদ্যুতিক স্থাপনা মাঝে মাঝে পরিদর্শন ও পরীক্ষা করা (পৃ: ৫৩২)।

পঞ্চম পরিচ্ছেদ :

বিদ্যুৎ সরবরাহ ও ব্যবহার সম্পর্কে সাধারণ সর্তাবলী

(Chapter V : General Conditions relating to Supply and use of Energy) :

গ্রাহকের বৈদ্যুতিক স্থাপনা পরীক্ষা (পৃ: ৫৩৪), সংযোগের পূর্বে বিদ্যুৎ নির্গমনের বিবন্ধে সতর্কতা (পৃ: ৫৩৫), গ্রাহকের বাড়ীতে বিদ্যুৎ-নির্গমন (পৃ: ৫৩৬), বিদ্যুতের সরবরাহ ও ব্যবহার (পৃ: ৫৩৮), মাঝারি, উচ্চ বা অতি-উচ্চ তাড়িত-চাপের বৈদ্যুতিক স্থাপনা সম্পর্কে প্রয়োজ্য বিধানসমূহ (পৃ: ৫৪১), ত্রুটি সম্পর্কে পরিদর্শকের নিকট আপীল (পৃ: ৫৪৩), গ্রাহকের বৈদ্যুতিক স্থাপনা

পরিদর্শন ও পরীক্ষার খরচপত্র (পৃ: ৫৪৪), গ্রাহককে সরবরাহ করা
 ঘোষিত তড়িৎ-চাপ (পৃ: ৫৪৫), গ্রাহককে সরবরাহ করা ঘোষিত
 ফ্রীকোয়েন্স (পৃ: ৫৪৫), মিটার ও কাট আউট সীল করা (পৃ: ৫৪৬),
 গ্রাহকের বাড়ীতে স্থাপিত মিটার, সর্বোচ্চ-চাহিদা নির্দেশক যন্ত্র ও
 অন্যান্য যন্ত্রপাতি (পৃ: ৫৪৭), বিদ্যুৎ-সরবরাহ স্থচনা বিবৃতি (পৃ: ৫৪৭),
 সরবরাহ-বিবৃতির বিরুদ্ধে সতর্কতা : বিবৃতির নোটস (পৃ: ৫৪৯) ।

অষ্ট পরিচ্ছেদ :

নিম্ন ও মাঝারি তড়িৎ-চাপের জন্য বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন,
 ব্যবস্থা ও যন্ত্রপাতি (Chapter VI : Electric Supply
 lines, Systems and Apparatus for Low and Medium
 Voltages) : অন্তরণের রোধ পরীক্ষা (পৃ: ৫৫০), মিটার সহিত
 সংযোগ (পৃ: ৫৫৩) : মাঝারি তড়িৎ-চাপের সরবরাহ ব্যবস্থাসমূহ
 (পৃ: ৫৫৫) ।

মৌখিক পরীক্ষার প্রশ্নাবলী ও তাহাদের সংক্ষিপ্ত উত্তর : ৫৫৬-৫৭০

ডি সি মেশিনের নির্দিষ্টকরণ (Specification of D. C.
 Machines)

৫৭১

Licensing Board, West Bengal : Supervisors' Certificate of Competency Examination, September

Written Test—Part 3

৫৭৩

Test Report

৫৭৭

প্রথম অধ্যায়

ডি. পি জেনারেটর ও ডি. সি মোটর

উপক্রমণিকা

তড়িৎ-বর্তনীতে তড়িৎ-চাপ উৎপাদন (Production of E. M. F. in Electric Circuit)

০-১। তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিবার বিভিন্ন পদ্ধতি (Different Methods of Establishing E. M. F.)

কোন যন্ত্র বা মেশিনেব সাহায্যে বৈদ্যুতিক-শক্তি উৎপাদন করিতে হইলে সব প্রথমে উহাতে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করা প্রয়োজন। তড়িৎ-চাপ ব্যতিবেকে তড়িৎ-প্রবাহেব সৃষ্টি হইয়া না, আব তড়িৎ-প্রবাহ না থাকিলে তড়িৎ শক্তিও পাওয়া যায় না। তড়িৎ-চাপ প্রয়োগ করিতে পারিলে তবেই বর্তনীতে তড়িৎ-প্রবাহেব সৃষ্টি হইয়া থাকে। সেইজন্য যে-সকল মেশিনেব সাহায্যে বৈদ্যুতিক-শক্তি উৎপাদন করা হয়, তাহাদেব গঠন ও কার্যপ্রণালী সম্বন্ধে সঠিক ধারণা ও সবিশেষ জ্ঞান সঞ্চয় করিতে হইলে প্রথমে জানা প্রয়োজন কি কি উপায় অবলম্বন করিয়া বর্তনীতে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করা যায়।

কোন পরিবাহীতে (conductor) বা কোন তড়িৎ-বর্তনীতে (electric circuit) তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করিবার যে-সকল পদ্ধতি প্রচলিত আছে, তাহাদেব মোটামুটি তিন ভাগে ভাগ করা যাইতে পারে। যথা—

(১) রাসায়নিক প্রক্রিয়াব দ্বারা (by chemical action),

এই পদ্ধতি প্রাইমারি ব্যাটারি ও সেলে ব্যবহৃত হইয়া থাকে, এবং ইহাব দ্বারা খুব অল্প পরিমাণ বৈদ্যুতিক-শক্তি উৎপন্ন করা যায়।

(২) উত্তাপেব প্রতিবিধান দ্বারা (by heating effect),

ছুটি ভিন্ন বাতুর সংযোগ স্থলে উত্তাপ প্রয়োগ করিলে খুব অল্প পরিমাণে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়। তড়িৎ চাপেব অল্পতাব জন্যই এই পদ্ধতিব ব্যবহার অতিশয় সীমাবদ্ধ, কেবলমাত্র ‘থার্মো-জংশন’ (thermo-junction)-এ এই পদ্ধতি ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(৩) তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশ দ্বারা (by electro-magnetic induction),

বৈদ্যুতিক কারিগরিতে এই পদ্ধতিই সবাপেক্ষা অধিক গুরুত্বপূর্ণ, এবং বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি ও মেশিনসমূহে ইহাব ব্যবহার সবাপেক্ষা। বর্তমানে আমরা যে-সকল বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি দেখিতে পাই, তাহাদেব কার্যপ্রণালী এই পদ্ধতিকে অবলম্বন করিয়াই গড়িয়া উঠিয়াছে।

ইংরাজি ১৮৩১ সালে জগৎ-বিখ্যাত বৈজ্ঞানিক মাইকেল ফারাডে সর্বপ্রথম এই “তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশ” বা “ইলেক্ট্রো-ম্যাগনেটিক ইণ্ডাকশন” আবিষ্কার করেন। তিনি প্রমাণ করিয়া দেখান যে, কোন বৈদ্যুতিক পরিবাহীর সহিত সংশ্লিষ্ট চুম্বক বলেরদ্বারা

মান যদি পরিবর্তিত হইতে থাকে, তবে সেই পরিবর্তিতে তড়িৎ-চাপ (E. M. F.) আবিষ্ট হয়। তিনি আবও প্রমাণ করেন যে, এত আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের প্রাথমিক চুম্বক বলবে। যে হাবে পরিবর্তিত হইতে থাকে, তাহাব সহিত সমানুপাতি। ফ্যাবাডে প্রথম আবিষ্কার করেন বলিয়া এত তথ্য দইটকে “তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশে ফ্যাবাডেজ নিয়মানাল,” বা “Faraday’s Laws of Electro-Magnetic Induction” বলা হইয়া থাকে।

কোন পৰিৱাহ নহ'লিহে সৰ্ব্বমুখী চমক বসবোৱাৰ মানৱ পৰিৱেশ এটি ভিন্ন
উপায় কৰা খাতিৰে পাব :

ন. উপায়: চক্ষুস-প্রজ্ঞাকে স্থিতি অবস্থায় রাখা উত্তরাদে ক্ষেত্রে মধ্যোপাধিকারিত বা পরিবাহিত বস্তুগুলিকে (যে পরিবাহীতে অনেকগুলি স্থান থাকে) সঞ্চালন বাহনে বা সুবাইলে পরিবাহী সঞ্চালন বস্তু, য. ন. কবে, তলে সেই পরিবাহীতে তাঁৎস চাপ বাড়িয়ে দেওয়া। নীচের বায় ও বায়বীয় পরিবাহী জন্ম এবং পদ্ধতি পরিবাহী: সি. মিসনের ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা হয়।

[illegible][illegible]

এখন দেখা যাইতেছে যে, উপরি-উক্ত ১নং ও ২নং উপায় যে-সকল মেশিনে প্রয়োগ করা হয়, সেই সকল মেশিনে পরিবাহী অথবা চমক এই দুইয়ের কোন একটি

গতিশীল থাকেই। সেই কারণে এই দুই উপায়ে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপকে “ডাইনামিক্যালি ইনডিউসড্. ই. এম. এফ.” (Dynamically induced e. m. f.) বলে। কিন্তু অন্য উপায় যে মেশিনে প্রয়োগ করা হয়, তাহাতে কোন গতিশীল অংশ নাই; সেইজন্য এই উপায়ে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপকে বলা হয় “স্ট্যাটিক্যালি ইনডিউসড্. ই. এম. এফ.” (Statically induced e. m. f.)। অতএব, যদিও ডি. সি. এবং এ. সি. এই উভয় প্রকার মেশিনেই ডাইনামিক্যালি ইনডিউসড্. ই. এম. এফ. উৎপন্ন হয়, স্ট্যাটিক্যালি ইনডিউসড্. ই. এম. এফ. উৎপন্ন হয় কেবলমাত্র এ. সি. মেশিনেই।

০-১। তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশে ফ্যারাডের নিয়মাবলী (Faraday's Laws of Electro-Magnetic Induction)

প্রথম নিয়ম (First Law) :

কোন তড়িৎ-বর্তনীর সহিত সংশ্লিষ্ট চুম্বক বলরেখার সংখ্যা যখন পরিবর্তিত হইতে থাকে, তখন সেই বর্তনীতে তড়িৎ চাপ আবিষ্ট হয় (Whenever the number of magnetic lines of force linking with an electric circuit is altered, an e. m. f. is induced in the circuit)।

দ্বিতীয় নিয়ম (Second Law) :

এই আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ সংশ্লিষ্ট চুম্বক বলরেখা যে দ্রুতিতে পরিবর্তিত হয় তাহার সহিত সমানুপাতি হইয়া থাকে (The magnitude of this induced e. m. f. is directly proportional to the rate of change of flux linking)।

এই নিয়ম দুইটি নিম্নলিখিত উপায়ে ব্যাখ্যা করা যাইতে পারে :

মনে কর, একটি পরিবাহী কুণ্ডলির বা কয়েলের পাকের সংখ্যা N । এই কুণ্ডলির সহিত যে-সকল চুম্বক বলরেখা সংশ্লিষ্ট আছে তাহাদের সংখ্যা প্রথম দিকে ϕ_1 ওয়েবার এবং t সেকেন্ড সময় পরে পরিবর্তিত হইয়া ϕ_2 ওয়েবার (দশ কোটি চুম্বক বলরেখার সমষ্টিকে একত্রে এক “ওয়েবার” বলা হয়, এবং এম. কে. এস. এককে ওয়েবারকেই রেখাপ্রবাহের একক হিসাবে ধরা হইয়াছে) হইল। সুতরাং

চুম্বক বলরেখার সংখ্যার মোট পরিবর্তন $= (\phi_2 - \phi_1)$ ওয়েবার হইল। এই পরিবর্তন t সেকেন্ড সময়ের মধ্যে হয় বলিয়া

$$\text{প্রতি সেকেন্ডে সংখ্যার পরিবর্তনের হার} = \frac{(\phi_2 - \phi_1)}{t} \text{ওয়েবার/সেকেন্ড}।$$

অতএব প্রতিটি পরিবাহীতে, অর্থাৎ কুণ্ডলির প্রতি পাকে

$$\text{উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ} = \frac{(\phi_2 - \phi_1)}{t} \text{ভোল্ট}$$

যেহেতু কুণ্ডলিতে N সংখ্যক পাক আছে, সুতরাং কুণ্ডলিতে বা কয়েলে মোট উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ

$$e = N \frac{(\phi_2 - \phi_1)}{t} \text{ ভোল্ট হইবে।}$$

এখন যদি $(\phi_2 - \phi_1) = \phi$ ধরা যায়, তবে $e = N \frac{\phi}{t}$ ভোল্ট।

এই তড়িৎ-চাপকে সাধাবণতঃ $-N \frac{d\phi}{dt}$ ভোল্ট হিসাবে দেখানো হয়। বিয়োগ চিহ্নটি (negative sign) ব্যবহার করিবার কারণ, এই অবিস্ট তড়িৎ চাপ বর্তমান মধ্যে যে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে, তাহার চুম্বকীয় প্রভাব উক্ত প্রবাহের সৃষ্টিকেই বাধা দেয় (the induced e. m. f. sets up a current such that the magnetic effect due to this current opposes the very action setting it up)। প্রখ্যাত বৈজ্ঞানিক “লেন্স” (Lenz) এই তথ্যটি আবিষ্কার করেন। সেইজন্য ইহাকে “লেন্সের নিয়ম” বা Lenz's Law বলা হয়।

উদাহরণ ১। একটি কুণ্ডলির পাকের সংখ্যা ২০০। এই কুণ্ডলির সহিত সংশ্লিষ্ট চুম্বক বলরেখার সংখ্যা যদি ০.১ সেকেন্ড সময়ের মধ্যে ০.০১ ওয়েবার হইতে পরিবর্তিত হইয়া ০.০২৫ ওয়েবার হয়, তবে কুণ্ডলিতে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ কত?

এখানে $\phi_1 = ০.০১$ ওয়েবার, $\phi_2 = ০.০২৫$ ওয়েবার, $t = ০.১$ সেকেন্ড, $N = ২০০$ ।

$$\phi = \phi_2 - \phi_1 = ০.০২৫ - ০.০১ = ০.০১৫ \text{ ওয়েবার।}$$

অতএব কুণ্ডলিতে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-চাপ, $e = N \frac{\phi}{t} = ২০০ \times \frac{০.০১৫}{০.১}$

$$= ৩০ \text{ ভোল্ট।}$$

উদাহরণ ২। একটি কুণ্ডলির রোধ (resistance) ১০০ ওম এবং উহার পাকের সংখ্যা ১০০। এই কুণ্ডলির সহিত সিরিজে একটি গ্যালভানোমিটার সংযুক্ত আছে। গ্যালভানোমিটারের রোধ ৪০০ ওম। এখন কুণ্ডলিটি যদি এমন একটি চুম্বক-ক্ষেত্রে স্থাপন করা যায় যাহার রেখাপ্রবাহের সংখ্যা ০.২ মিলিওয়েবার, এবং এই কুণ্ডলি সঞ্চালন করিয়া ০.০১ সেকেন্ড পরে যদি আর একটি চুম্বক-ক্ষেত্রে লইয়া যাওয়া যায় যেখানে রেখাপ্রবাহের সংখ্যা ১ মিলিওয়েবার, তবে কুণ্ডলিতে যে পরিমাণ তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহের সৃষ্টি হইবে তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $\phi_1 = ০.২$ মিলিওয়েবার = $\frac{০.২}{১০০০}$ ওয়েবার,

$\phi_2 = ১.০$ মিলিওয়েবার = $\frac{১.০}{১০০০}$ ওয়েবার,

$N = ১০০$ পাক, $t = ০.০১$ সেকেন্ড।

উপক্রমণিকা

স্তত্রাং কুণ্ডলিতে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের পরিমাণ

$$e = N \frac{(\phi_2 - \phi_1)}{t} = 10 \times \frac{\left(\frac{1}{1000} - \frac{0.2}{1000} \right)}{0.05}$$

$$= \frac{100 \times 0.8}{1000 \times 0.05} = \frac{80}{50} = 1.6 \text{ ভোল্ট।}$$

কুণ্ডলির সহিত গ্যালভ্যানোমিটার সিরিজে সংযুক্ত থাকায় তড়িৎ-বর্তমানর সম্মুখে রোধ

$$R = 100 + 800 = 900 \text{ ওম হইবে।}$$

স্তত্রাং প্রেরণের নিয়ম অনুসারে কুণ্ডলিতে উৎপন্ন তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ

$$I = \frac{e}{R} = \frac{1.6}{900} = 0.00177 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

উদাহরণ ৩। একটি কুণ্ডলিতে ৫০টি পাক আছে এবং উহার সহিত সংশ্লিষ্ট চুম্বক বলরেখার সংখ্যা ০.০৪ ওয়েবার। ০.১ সেকেন্ড পরে সমগ্র রেখাপ্রবাহ যদি পরিবর্তিত হইয়া বিপরীতমুখী (reversed) হয়, তবে কুণ্ডলিতে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের পরিমাণ কত হইবে?

এখানে $\phi_1 = 0.04$ ওয়েবার,

$\phi_2 = -0.04$ ওয়েবার (চুম্বক-রেখা বিপরীতমুখী হওয়াতে ϕ_2 -এর মানের পূর্বে বিয়োগ চিহ্ন দেওয়া হইয়াছে),

$$N = 50, \text{ ০.১ সেকেন্ড।}$$

স্তত্রাং কুণ্ডলিতে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের পরিমাণ

$$e = N \frac{(\phi_1 - \phi_2)}{t} = 50 \times \frac{0.04 - (-0.04)}{0.1}$$

$$= \frac{50 \times 0.08}{0.1} = 80 \text{ ভোল্ট।}$$

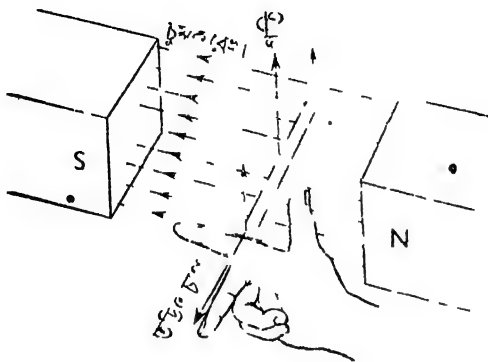
০-৩। উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের অভিমুখ : ফ্লেমিং-এর দক্ষিণ হস্ত নিয়ম (Direction of the Induced E. M. F. : Fleming's Right-hand Rule)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, ডি. সি. মেশিনে চুম্বকগুলিকে স্থির অবস্থায় রাখিয়া উহাদের ক্ষেত্রের মধ্যে কুণ্ডলি বা পরিবাহীকে ঘুরানো হয়, ফলে পরিবাহী চুম্বক-রেখা কর্তন করে এবং উহাতে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। এখন, এই চুম্বক-রেখার অভিমুখ, পরিবাহীর গতির অভিমুখ ও আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের অভিমুখ নিজেদের মধ্যে সর্বদা একটি নির্দিষ্ট সম্বন্ধ বজায় রাখিয়া চলে। এই সম্বন্ধ সর্বপ্রথম প্রখ্যাত বৈজ্ঞানিক ফ্লেমিং আবিষ্কার করেন বলিয়া, এবং সম্বন্ধটি বরাহীতে ডান হাতের বুড়ো আঙুল, তর্জনী ও মধ্যমা ব্যবহার করিতে হয় বলিয়া, ইহার নাম দেওয়া হইয়াছে “ফ্লেমিং-এর দক্ষিণ হস্ত নিয়ম” বা “Fleming's Right-hand Rule”। নিয়মটি নিম্নলিখিত উপায়ে বিবৃত করা হয়।

যদি দক্ষিণ হস্তের বৃদ্ধাঙ্গুলি, তর্জনী গাব মধ্যমা পবস্পন্দেব সমকোণে বাঁকাইয়া তর্জনীকে চুম্বক বেথাপ্রবাহেব অভিন্নথে প্রসারিত কবা যায়, আব পবিবাহীৰ গতিৰ অভিন্নথে প্রসারিত কবা যায় বৃদ্ধাঙ্গুলিৰ অগ্রভাগ, তবে প্রসারিত মধ্যমা উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের অভিন্নথ নিদেশ করিবে।

এই বিবৃতি ১নং চিত্রেব সাহায্যে মনোনা হইল

মনে কব, একটি পবিবাহীৰ ডান দিকে চুম্বকেব উত্তর মেরু (north pole) আর বাঁ দিকে দক্ষিণ মেরু (south pole) অবস্থিত আছে।



এতএব ডান হাতের তর্জনীকে দক্ষিণ মেরুৰ দিকে প্রসারিত কবা হইল (কাৰণ চুম্বকেব বেথাপ্রবাহ উত্তর মেরু হইতে দক্ষিণ মেরু অভিন্নথে অগ্রসব হইয়া থাকে)। এইবাব দর্শন হইল। পবিবাহীৰ গতিৰ কোন দিগে, মনে কব, উত্তর নাটক দিক হইতে উপরেব দিকে অগ্রসব হইয়া যাব না বরন কাৰ্যতেছে।

আঙ্গুলকে ধরিয়া উপরেব দিকে প্রসারিত কবা হইল। তখন মধ্যমাৰ অগ্রভাগ দিকে প্রসারিত নাগাছে, তাহাই ৩।১৫-চাপের অভিন্নথ (positive direction)।

০-৪। উৎপন্ন তড়িৎচাপের পরিমাণ (Magnitude of the Dynamically Induced E M F)

চুম্বক-ক্ষেত্রেব মনোনাগত তিনটি পবিবাহী (X, Y ও Z) প্রত্যেকদাবা তৎসংলগ্ন তীব্র চুম্বকেব দ্বাৰা

উহাদের গতিৰ অভিন্নথ ২নং চিত্রে

দেখানো হইয়াছে। ২ (ক) ন

চিত্রে দেখ X-পবিবাহীটি চুম্বক-

বেথার সহিত সমান্তরালভাবে

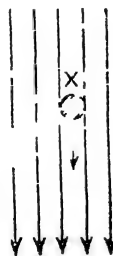
অগ্রসব হইতেছে। স্বতবাং উহা

বেথাপ্রবাহ কৰ্তন কৰিতে

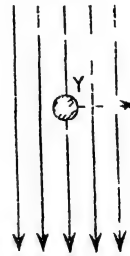
পারিবে না, অতএব এই

পবিবাহীতে কোন তড়িৎ-চাপও

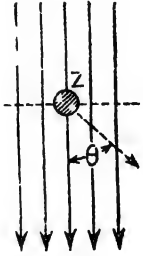
আবিষ্ট হইবে না। ২ (খ) নং চিত্রে দেখ Y-পবিবাহীর



(ক)



(খ)



(গ)

নং চিত্র

আবিষ্ট হইবে না। ২ (খ) নং চিত্রে দেখ Y-পবিবাহীর গতিপথ চুম্বক-রেখার সহিত

লম্বভাবে অবস্থিত আছে এবং এই পরিবাহী সমকোণে রেখাপ্রবাহ কর্তন করিতেছে।
এই পরিবাহীতে যে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হইবে তাহার পরিমাণ

$$e = Blv \text{ ভোল্ট হইবে।}$$

এখানে B -দ্বারা চুম্বক ক্ষেত্রের রেখাপ্রবাহের ঘনত্ব (flux density of the magnetic field) বুঝানো হইয়াছে। চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রতি বর্গ মিটার আয়তনের মধ্যে অবস্থিত বলরেখার সংখ্যা যত ওয়েবার, ইহার মান তত ওয়েবার (weber per square metre) হইবে,

l -দ্বারা বুঝানো হইয়াছে পরিবাহীর কার্যকরী দৈর্ঘ্য (active length of the conductor), ইহার একক ‘মিটার’ (পরিবাহীর দৈর্ঘ্যের যতটা অংশ চুম্বক-রেখা কর্তন করে, ততটা অংশকেই কার্যকরী দৈর্ঘ্য বলা হইয়া থাকে),

এবং v -দ্বারা পরিবাহীর গতিবেগের হার (velocity of the conductor) বুঝানো হইয়াছে, পরিবাহী প্রতি সেকেন্ডে সময়ে যত মিটার দূরত্ব অতিক্রম করিবে, ইহার পরিমাণ তত মিটার (metre per second) হইবে।

পরিবাহী চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে বৃত্তাকারে ঘুরিতে থাকিলেও (rotate in a circular path) উহাতে এই পরিমাণ তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হইবে।

২ (গ) নং চিত্রে দেখ Z -পরিবাহীটি চুম্বক-রেখার অভিমুখের সহিত θ ডিগ্রী কোণ উৎপন্ন করিয়া গমন করিতেছে। সুতরাং এই পরিবাহীতে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের পরিমাণ

$$e = B \sin \theta \text{ ভোল্ট হইবে।}$$

উদাহরণ ৪। ৫০ সেন্টিমিটার দৈর্ঘ্যের একটি পরিবাহীকোন চুম্বক ক্ষেত্রে প্রতি সেকেন্ডে ৪০ মিটার গতিবেগে সঞ্চালিত হইতেছে। চুম্বক ক্ষেত্রের রেখাপ্রবাহের ঘনত্ব প্রতি বর্গ মিটারে ১ ওয়েবার। যদি পরিবাহীর গতিপথ রেখাপ্রবাহের অভিমুখের সহিত (ক) সমকোণে অবস্থান করে, (খ) ৩০ ডিগ্রী কোণ উৎপন্ন করিয়া অবস্থান করে, তবে প ববাহীতে আবিষ্ট (induced) তড়িৎ-চাপের পরিমাণ কত?

এখানে B প্রতি বর্গ মিটারে ১ ওয়েবার, $l = ৫০$ সেন্টিমিটার - $\frac{৫০}{১০০}$ মিটার,

এবং $v =$ প্রতি সেকেন্ডে ৪০ মিটার।

(ক) যখন পরিবাহী সমকোণে চুম্বক-রেখা কর্তন করে, তখন আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ

$$e = B l v \text{ ভোল্ট}$$

$$= ১ \times \frac{৫০}{১০০} \times ৪০$$

$$= ২০ \text{ ভোল্ট।}$$

(খ) যখন পরিবাহী ৩০ ডিগ্রী কোণ উৎপন্ন করিয়া চুম্বক-রেখা কঠন করে, তখন আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ

$$\begin{aligned} e &= Blv \sin \theta \text{ ভোল্ট} \\ &= 1 \times \frac{100}{100} \times 80 \sin 30^\circ \\ &= 1 \times \frac{100}{100} \times 80 \times 0.5 = \underline{10 \text{ ভোল্ট}} \end{aligned}$$

উদাহরণ ৫। কোন একটি আর্মেচারের উপবিভাগে ১১ ইঞ্চি দৈর্ঘ্যের একটি পরিবাহী অবস্থিত আছে। আর্মেচারের ব্যাস ১৮ ইঞ্চি এবং উহা চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক বৃত্তাকারে ঘুরিতেছে। যদি চুম্বক-ক্ষেত্রের রেখাপ্রবাহের ঘনত্ব প্রতি বর্গ মিটারে ০.৬ ওয়েবার হয়, তবে পরিবাহীতে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে B প্রতি বর্গ মিটারে ০.৬ ওয়েবার,

$$l = 11 \text{ ইঞ্চি} = \frac{11 \times 2.54}{100} \text{ মিটার} = 0.2794 \text{ মিটার},$$

$$\begin{aligned} \text{আর্মেচারের ব্যাস অর্থাৎ diameter, } d &= 18 \text{ ইঞ্চি} = \frac{18 \times 2.54}{100} \text{ মিটার} \\ &= 0.4572 \text{ মিটার}, \end{aligned}$$

সুতরাং

$$e = \pi d \times \text{আর্মেচার প্রতি মিনিটে যত পাক ঘুরে (r.p.m.) মিটার সেকেন্ডে}$$

$$= 0.2794 \times 0.4572 \times \frac{1000}{60}$$

$$= 20.8 \text{ মিটার/সেকেন্ড}$$

$$e = Blv \text{ ভোল্ট}$$

$$= 0.2794 \times 0.4572 \times 20.8$$

$$= 8.8 \text{ ভোল্ট}$$

প্রশ্নমালা

১। তড়িৎ-বর্তনীতে (electric circuit) যে-সকল বিভিন্ন উপায়ে তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করা যায়, তাহাদের উল্লেখ কর। কোন পদ্ধতি কি কাজে ব্যবহার করা হয় তাহাও বল।

২। তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশে ফ্যারাডের নিয়মাবলী উল্লেখ কর। এই নিয়মাবলী ব্যবহারিক ক্ষেত্রে কি কি উপায়ে প্রয়োগ করা যায়?

৩। একটি পরিবাহী কুণ্ডলির পাকের সংখ্যা ৫০। এই পরিবাহীর সহিত সংশ্লিষ্ট চুম্বক বলরেখার সংখ্যা ০'১ সেকেন্ড সময়ের মধ্যে ০'০১ ওয়েবার হইতে কমিয়া যদি শূন্য মানে দাডায়, তবে উহাতে কি পরিমাণ তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হইবে? (উঃ ৫ ভোল্ট।)

৪। স্ট্যাটিক্যালি ইনডিউসড্ ই. এম. এফ. ও ডাইনামিক্যালি ইনডিউসড্ ই. এম. এফ. কাহাকে বলে? ডি মি. জেনারেটরে যে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়, তাহা কোন ধরনের ই. এম. এফ. ?

৫। ফ্রেমিং-এর দক্ষিণ হস্ত নিয়ম বিবৃত কর। এই নিয়মের সাহায্যে যেভাবে ডাইনামিক্যালি ইনডিউসড্ ই. এম. এফ.-এর অভিমুখ নির্ণয় করা যায়, তাহা ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাও।

৬। একটি পরিবাহীর দৈর্ঘ্য ১২০ সেন্টিমিটার। এই পরিবাহী একটি চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে প্রতি সেকেন্ডে ২০০ সেন্টিমিটার বেগে সঞ্চালিত হয়, এবং উহাৰ গতিপথ চুম্বক-রেখার অভিমুখের সহিত লম্বভাবে অবস্থিত। যদি চুম্বক-ক্ষেত্রের রেখাপ্রবাহের ঘনত্ব প্রতি বর্গ মিটারে ২ ওয়েবার হয়, তবে পরিবাহীতে আবিস্তৃত (induced) তড়িৎ-চাপের পরিমাণ কত? (উঃ ৪'৮ ভোল্ট।)

৭। ২৫ সেন্টিমিটার দৈর্ঘ্যের কোন পরিবাহী দিয়া ১০০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়। এই পরিবাহী প্রতি সেকেন্ডে ৫০ ইঞ্চি গতিবেগে যে চুম্বক-ক্ষেত্রে সঞ্চালিত হয় তাহাৰ রেখাপ্রবাহের ঘনত্ব প্রতি বর্গ মিটারে ০'৫ ওয়েবার হইলে, এবং পরিবাহীর গতিপথ চুম্বক-রেখার অভিমুখের সহিত সমকোণে অবস্থান করিলে, পরিবাহীতে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-শক্তির পরিমাণ কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর। (উঃ ০ ১৫৮৮ ভোল্ট, ১৫'৮৮ ওয়াট।)

প্রথম পরিচ্ছেদ

ডি. সি. জেনারেটর (D. C. Generator)

জেনারেটর এমন একটি মেশিন যার সাহায্যে যান্ত্রিক শক্তিকে তড়িৎ-শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়। এই রূপান্তর করার কাজে প্রয়োজন একটি চুম্বক-ক্ষেত্র ও একটি আর্মেচার। আর্মেচারে উপরিভাগে পরিবাহী কুণ্ডলসমূহ বসানো থাকে এবং উহাকে একটি মেসিনের সাহায্যে চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে ঘুরানো হয় যাতে গতিবেগের মধ্য দিয়া উহা যান্ত্রিক শক্তি লাভ করিতে পারে। যে মেসিনটির সাহায্যে আর্মেচারকে ঘুরানো হয় তাহা একটি বাষ্পীয় ইঞ্জিন অথবা পেট্রল ইঞ্জিন অথবা ডিজেল ইঞ্জিন হইতে পারে, যাবার তাহা একটি বৈদ্যুতিক মোটরও হইতে পারে। যাহাই হউক না কেন, তাহা আর্মেচারকে ঘুরায় বলিয়া সাধারণভাবে এই মেশিনকে জেনারেটরকে “প্রাইম মোভর” (prime mover) বলা হয়। ঘূর্ণনের সময় আর্মেচারের উপরিভাগে স্থাপিত পরিবাহী চুম্বক বিন্দুগুলির মধ্যে কতন করে, ফলে কুণ্ডলসমূহে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়। প্রাক্ষারিত দ্বারা দেখা গিয়াছে যে —

(১) আর্মেচারকে দক্ষিণাবর্ত (clockwise) ঘুরাইলে তড়িৎ-চাপের আশ্রয় ঘেদিকে হয়, বামাবর্ত (anti-clockwise) ঘুরাইলে উহা বিপরীত দিকে হয়,

(২) আর্মেচারের গতিবেগ ও গতিস্থল অর্থাৎ ঘূর্ণনশীলতার পরিমাণ বৃদ্ধি পাইলে, তড়িৎ-চাপের পরিমাণও বৃদ্ধি পায়,

(৩) আর্মেচারের গতিবেগ ও গতিস্থল অর্থাৎ ঘূর্ণনশীলতার পরিমাণ বৃদ্ধি পাইলে, তড়িৎ-চাপের পরিমাণও বৃদ্ধি পায়, তাহা নিম্নের কয়েকটি পরিবাহী কুণ্ডলঃ সংখ্যা, আর্মেচারের গতিবেগ, আর্মেচারের চুম্বক-ক্ষেত্রের বলবেগের সংখ্যার উপর।

অতএব একটি জেনারেটরে এক পরিমাণ বৈদ্যুতিক-শক্তি উৎপন্ন হইবে, তাহা নির্ভর করে পরিবাহী কুণ্ডলঃ সংখ্যা, আর্মেচারের গতিবেগ, আর্মেচারের চুম্বক-ক্ষেত্রের বলবেগের সংখ্যার উপর।

১-১। ডি. সি. জেনারেটরের আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ

ডি সি জেনারেটরে আর্মেচার ঘোরে, কিন্তু তড়িৎ-চুম্বক-ক্ষেত্র স্থির থাকে। ঘূর্ণনের সময় আর্মেচারে স্থাপিত পরিবাহীসমূহ চুম্বক বলবেগে কতন করে; ফলে উহা দিগেব মধ্যে আবিষ্ট (induced) তড়িৎ-চাপ ও সেই সঙ্গে আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই তড়িৎ-চাপ কি ধরনের হয়, তাহা বুঝিবার জন্য চুম্বকের দুই পোলের মধ্যবর্তী স্থানে একটি একপাক ওয়ালা কুণ্ডল অবস্থিত আছে এবং সেই কুণ্ডলকে পরিবাহী ঘুরানো হইতেছে, এইরূপ কল্পনা করা যাক। এই প্রকার বন্দোবস্ত তৎক্ষণাৎ দেখানো হইল।

কুণ্ডলির দক্ষিণ প্রান্তই পজিটিভ টার্মিনাল। সুতরাং ab গ্রার cd অংশ আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ দুইটি পরস্পরের সঙ্গে মিলিজে কার্যকরী হইবে।

অর্ধপাক ঘুরিবার পাবে ab আর cd অংশ যখন পরস্পরের সহিত স্থান পরিবর্তন করিবে, তখন cd অংশে d হইতে c -এর দিকে এবং ab অংশে b হইতে a -এর দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হইবে। সুতরাং d প্রান্তের পরিবর্তে এইবার কুণ্ডলির a প্রান্ত পজিটিভ টার্মিনাল হইবে, ফলে বাহিরের সার্কিটে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখও বিপরীত হইবে। অতএব এই ব্যবস্থায় কুণ্ডলি এ. সি. জেনারেটরের তায় কাজ করিবে, আর এই কুণ্ডলি হইতে বাহিরের সার্কিটে যে কারেন্ট পাওয়া যাইবে, তাহা একবার বাঁ দিক হইতে ডান দিকে, আর একবার ডান দিক হইতে বাঁ দিকে প্রবাহিত হইতে থাকিবে। এই প্রকার তড়িৎ-চাপকে ই বাজিতে অন্তর্গতটি ই এম. এফ. (বা লায়, পরিবর্তী তড়িৎ-চাপ) এবং ইহা ২০০. উৎপন্ন তড়িৎ-প্রবাহকে অন্তর্গতটিং কারেন্ট (বা লায়, পরিবর্তী প্রবাহ) বলে।

অতএব দেখা যাইতেছে যে, সমস্ত জেনারেটর—সে ডি সি জেনারেটর বা ডাইনামোই হউক, বা এ সি জেনারেটর বা অন্তর্গতটিং হউক—তাহাদের আর্মেচার-কয়েলে যে কারেন্ট তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, তাহা অন্তর্গতটিং। এই অন্তর্গতটিং তড়িৎ-চাপকে কম্যুটেটরের (commutator) সাহায্যে ডিরেক্ট ই এম. এফ. রূপে বাহিরের সার্কিটে সরবরাহ করা হয়, আর সেই কারেন্টই ডি সি. জেনারেটরের আর্মেচারে কম্যুটেটর (বা লায়, দিক বদল) লাগানো থাকে।

১-২। ডি. সি. জেনারেটরের বিভিন্ন অংশ (Different Parts of a D. C. Generator)

ডি. সি. জেনারেটর প্রধানতঃ দুইটি অংশে বিভক্ত—

(১) একটি অংশ চুম্বক বলবৎতা উৎপন্ন করে এবং সেই বৈশিষ্ট্যবাহী যতটা স্থান জুড়িয়া থাকে, ততটা স্থানে এক চুম্বক-ক্ষেত্রের সৃষ্টি করে, এই অংশকে জেনারেটরের ফিল্ড (field) বলে, এবং

(২) অপর অংশ পরিবাহী কুণ্ডলিসমূহকে চুম্বক ক্ষেত্রের মধ্যে ঘুরায় এবং কুণ্ডলিতে বা কয়েলে যে পরিবর্তী তড়িৎ প্রবাহ উৎপন্ন হয়, তাহা কম্যুটেটার ও ব্রাশের সাহায্যে অন্তর্বর্তী তড়িৎ প্রবাহ রূপে বাহিরের বর্তনীতে প্রেরণ করে, এই অংশকে জেনারেটরের আর্মেচার (armature) বলে।

(ক) ফীল্ড (Field)

বৈজ্ঞানিক মেশিনে সাধারণতঃ স্থায়ী-চুম্বক (permanent magnet) ব্যবহার করা হয় না। তড়িৎ চুম্বক বা ইলেক্ট্রো-ম্যাগনেট (electro-magnet) ব্যবহার করা হয়। ইহাকে ফীল্ড-ম্যাগনেট (field magnet) বলে। এই তড়িৎ-চুম্বকে যে ঢালাই ইস্পাত (cast steel) বা ঢালাই লোহা (cast iron) বা ইস্পাতের চাদর হইতে কাটিয়া তৈরী করা (sheet steel laminations) অংশের উপর ফীল্ড-কয়েল

বসানো থাকে, তাহার নাম পোল-কোর (pole core)। কোরের মুখে (অর্থাৎ যেদিকে আর্মেচার থাকে, সেই দিকে) দুই পাশে একটু বাড়ানো বাঁকা লোহার অংশের নাম পোল-শু (pole shoe)। যে বড় রিংয়ের (ring) সাহায্যে ফীল্ড-পোলগুলি একত্র করা থাকে, তাহার নাম ইয়োক (yoke)। পোলগুলি নাট ও বন্টুর সাহায্যে দৃঢ়ভাবে এই ইয়োকে সহিত আটকানো থাকে। পোল-শু পোল-কোরের সঙ্গে একত্রে ঢালাই করাও হয়, আবার আলাদাও হয়। আলাদা হইলে উহা এক বা একাধিক স্ক্রু (screw) দিয়া পোন-কোবের সঙ্গে আঁটা থাকে। তখন আগে ফীল্ড-কয়েল পরাইয়া পরে স্ক্রু দিয়া কোবের সহিত পোল-শু আঁটা হয়।

যখন ফীল্ড-কয়েল দিয়া অন্তর্বর্তী তড়িৎ-প্রবাহ পাঠানো হয়, তখন প্রত্যেকটি কোর এক-একটি তড়িৎ-চুম্বকে পরিণত হয়। ফীল্ড-কয়েলের মধ্যে ইস্পাত বা ঢালাই লোহার কোব থাকিতে চুম্বকের জোব খুব বেশী হয়। লোহা বিংবা ইস্পাত না থাকিলে চুম্বক তত জোরালো হয় না। আর্মেচারের কোর যেমন বাঁকা, পোল-শুও ঠিক সেই বক্র করিয়া বাঁকানো থাকে বলিয়া আর্মেচারের উপবিভাগের অনেকটা পাত্ত পোল-শু-এর ভিতরে পড়ে, আর এই ব্যবস্থা পরিবাহীতে অধিক পরিমাণে তাপ উৎপন্ন করিতে সহায়ক হয়।

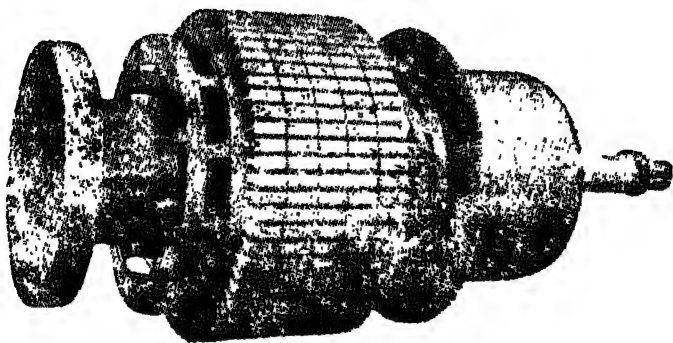
(খ) আর্মেচার (Armature)

জেনারেটরের যে অংশ ঘোরে, তাহার নাম আর্মেচার। ইহাও কেন্দ্রস্থলে একটি লম্বা বাঁকা লোহা (wrought iron) বা নরম ইস্পাতে (mild steel) বড় (rod) বা ডাণ্ডা থাকে, তাহাকে আর্মেচার-শাফট্ (armature shaft) বলে। ইহা লেদ (lathe) মেশিনে নোদা। এই শাফট্‌এ উপবেষ্ট আর্মেচার-কোর (armature core) বসানো থাকে।

আর্মেচার-কোর দেখিতে ঠিক দাঁত কাটা চাকার মত। তবে এই বোর কোন গুণও বস্তু নহে, খুব পাতলা পাতলা বস্ত দাঁত কাটা লোহার চাকার একত্র করিয়া শাফট্‌এ উপর শক্ত করিয়া আঁটা। এই সকল চাকৃতিকে “আর্মেচার ডিস্ক” (armature discs) বা “আর্মেচার স্ট্যাম্পিং” (armature stampings) বলে। আজন্মাল আর্মেচার-ডিস্ক তৈরী করিবার জন্য কয়েক বক্রমের মিশ্র ইস্পাত পাওয়া যায়, যাহা ব্যবহার করিলে আর্মেচার-কোরে শক্তির অশ্রয় (power loss) খুব কম হয়, আর একই আকারের কোরের ভিতর অপেক্ষাকৃত অনেক বেশী চুম্বক বলেরথা প্রবেশ করিতে পারে, অথচ তাহাতে কোব অনেক কম গরম হয়। সিলিকন স্টীল (silicon steel) এই রকম একটি মিশ্র ইস্পাত। পাতলা ইস্পাতের চাদর হইতে কাটিয়া এই সকল চাকৃতি বাহির করা হয়। চাদর সাধারণতঃ ০.০১ সেন্টিমিটার মোটা হয়। প্রতিটি চাকৃতির ঠিক মধ্যস্থলে এমন একটি ছিদ্র করা থাকে যাহার ভিতর দিয়া আর্মেচার-শাফট্ সহজেই গলানো যায়। শাফট্‌এর উপরে বসাইবার আগে চাকৃতি-গুলির একদিকে ইনসুলেটিং বার্নিশ (insulating varnish) মাখাইয়া দেওয়া হয়,

যাহাতে উহাদের লোহা পরস্পরের সঙ্গে ঠেকাঠেকি হইতে না পারে। সব কয়টি চাকৃতি শাফ্টের উপর বসাইবার পরে প্রথমে সাধারণতঃ উহাদের যন্ত্রের (press মেনিন) সাহায্যে খুব ছোরে চাপ দেওয়া হয়, পরে নাট ও লম্বা লম্বা বন্টুর (nuts and straight through bolts) সাহায্যে এমনভাবে ঝাটা হয়, যাহাতে ঐ চাকৃতিগুলি একত্রিত হইয়া একটি নলাকৃতি (cylindrical) কাঠামোর আকার ধারণ করে। এই সমগ্র কাঠামোটিকেই আর্মেচার-কোর বলে।

আর্মেচার-কোর একটি লম্বা চাবির (key) সাহায্যে শাফ্টের সঙ্গে খুব দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ করা থাকে। উহার দাঁতকে ইংরাজিতে আর্মেচার-টুথ (armature tooth) আর খাঁজকে আর্মেচার-স্লট (armature slot) বলে। এই খাঁজের ভিতর অস্তরণ বা ইন্সুলেশন দিয়া পরিবাহী কুণ্ডলি জড়ানো হয়, আর কুণ্ডলির প্রান্ত-গুলি কম্যুটেটারের সঙ্গে যোগাযোগ করিয়া দেওয়া হয়। পরে আর্মেচারকে লেদ মেনিনে তুণিয়া কোরের উপরিভাগ সমান করিয়া কাটিয়া পালিশ করা হয়, এবং সবশেষে ইন্সুলেটিং বার্নিশের সাহায্যে কুণ্ডলিগ্রন্থ আর্মেচারকে অস্তরিত (insulated) করা হয়। নিম্নে ৪নং চিত্রে একটি জেনারেটোরের আর্মেচার-কোর ও কম্যুটেটার দেখানো হইল।



আর্মেচার-কোর ও কম্যুটেটার

৪নং চিত্র

একেবারে ডান দিকে আর্মেচার-শাফ্ট। এতখানটা বেয়াবিরিং-এর মধ্যে যোবে। তাহার বাম দিকে রাইয়ান্ডে কম্যুটেটার, আর বাম দিকে দাঁত-কাটা অংশটা আর্মেচার-কোর। একেবারে বাম দিকে কাপলিং (Coupling)। ইহার সাহায্যে জেনারেটোরকে ইঞ্জিনের সহিত জুড়িয়া দেওয়া হয়।

(গ) কম্যুটেটার বা দিক-বর্তক (Commutator)

জেনারেটোরের যে অংশ ঘুরন্ত আর্মেচার-কয়েল হইতে পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহকে অস্থবর্তী তড়িৎ রূপে বাহিরের বর্তনীতে প্রেরণ করে, তাহার নাম কম্যুটেটার ও ব্রাশ। এই কম্যুটেটার অনেকগুলি আলাদা আলাদা “সেগমেন্ট” (commutator segments) বা খণ্ড একত্রে লইয়া গঠিত। সেগমেন্টগুলি তামার চাদর হইতে কাটিয়া

লগুণা হয় এব প্ৰযোজনীয় সংখ্যক সেগমেন্ট গামে গায়ে সাজাইয়া উহাদৰ দুই-দুইটিব মাৰখানো অশ্ৰেব চাদৰ (mica sheet) এমনভাৱে দেওয়া হয়, যাহাত একটি সেগমেন্ট অ বট হইতে সম্পৰ্ণ অৱতৰ বা ইনসুলেট কৰা থাকে। অতঃপৰ আৰ্মেচাৰ-ফোৰেব সাহিত একই শাফটৰ উপৰ এই কম্বাটেটাৰকে বেণ শব্দ কৰিয়া বসানো হয় এবং আৰ্মেচাৰ কলোৰেব শেষ প্ৰান্ত এক-একটি সেগমেন্টৰ সাহিত বান্ধাই কৰি দিওৱা হয়। আৰ্মেচাৰ যখন ঘোৰে, কম্বাটেটাৰও উহাৰ সাহিত ঘূৰিতে থাকে। আৰ্মেচাৰ ওয়াৰ্ছাও হহতে তড়িৎ প্ৰাণ তৃপ্তিৰ বা বয়োৰেব প্ৰান্ত সাহিয়া কম্বাটেটাৰ সেগমেন্ট আনে এব নেহ সেগমেন্ট হইতে বাহিৰে ভিতৰ দিয়া এই প্ৰবাহ পাৰাবৰ সাৰ্শনিক প্ৰেৰিত হয়।

কম্বাটেটাৰ উপৰিৰূপ (Surface) অসমান ন উৎপন্ন হইয়া গোলা মেসিনেৰ সৰ্ব্বাঙ্গটিয়া সমান কায়া দিওৱা হয়। কিন্তু এই বকম কৰিয়া বাবৰাব কাটিতে গোলা মেসিন কম্বাটেটাৰ পাৰ্শ্বা হইয়া আস, আৰু অৱশেষে উহা অধিক গৰম হহতে আৰম্ভ কৰে। গৰম জ্বাৰণ কম্বাটেটাৰ দলহুৱা কেলিত হয়। কম্বাটেটাৰক কাটি কতটা পাতলা কৰা যাইতে পাবে, তাহা জৰ্ণিবাব জন্ম কোন কোন জ্বাৰণ সেগমেন্টৰ পাৰ্শ্ব এটি কৰিয়া গা কি বা গোল বৃত্ত (circle) চিহ্নিত কৰা যায়। কাটিৰ কাটিতে সেই বৃত্ত পাতল পীছাহো কম্বাটেটাৰক আৰু পাতলা কৰিব নাই, কাৰণ কম্বাটেটাৰ বকম গৰম হইবে, এমন কি পুড়িব পাৰে।

(ঘ) ব্ৰাশ (Brush)

যুৱত কম্বাটেটাৰ হইলৈ ডি প্ৰাৰম্ভকে সংগত কৰিয়া বাহিৰেব বৰ্তনীতে প্ৰেৰণ কৰাই বাহিৰে চা। ব্ৰাশ সাৰণতঃ বৈদ্যুতিক শক্তিৰ দ্বাৰা তৈৰী হয়, তৰ কোন কোন মেসিনেৰ সাহিত কিছু ষাতিবচাও মিশ্ৰিত থাকে। যে ব্ৰাশেব মধ্য দিয়া জেনাবেটাৰ হইলৈ তড়িৎ পৰা বাহিৰেব সাৰাৰকটে যায় তাহাকে পজিটিভ ব্ৰাশ (positive brush), আৰু যেটি দিয়া তড়িৎ পৰাহ বাহিৰ হহতে মেসিনে প্ৰাপ্ত কৰে তাহাক নেগেটিভ ব্ৰাশ (negative brush) বলে। যদিও খুব ছোট ছোট মেসিনে পোম্পাৰা মত গোল ব্ৰাশ ব্যৱহাৰ কৰিতে দেখা যায়, সাধাৰণভাবে জেনাবেটাৰ ওপৰে চোৰ ব্ৰাশহ ব্যৱহাৰ কৰা হয়। এই ব্ৰাশ কতটা চওড়া হইবে, তাহা নিৰ্ভৰ কৰে কম্বাটেটাৰ সেগমেন্টৰ সংখ্যাৰ উপৰ। আৰ্মেচাৰে যতগুলি খাজ থাকে যদি কম্বাটেটাৰে তাহাৰ অৰ্ধেক সংখ্যক সেগমেন্ট থাকে, তবে এক-একটি সেগমেন্ট যতটা চওড়া হইবে, একটি ব্ৰাশও ততটাত বা তাহা আপুনি কিছু বেশী চওড়া হইবে। আৰু যদি কম্বাটেটাৰ-সেগমেন্টৰ সংখ্যা আৰ্মেচাৰ-সেগমেন্টৰ সংখ্যা সমান হয়, তবে প্ৰত্যেকটি ব্ৰাশ দুই-দুইটি সেগমেন্ট আপুনিও কিছু অধিক চওড়া হওবা প্ৰয়োজন।

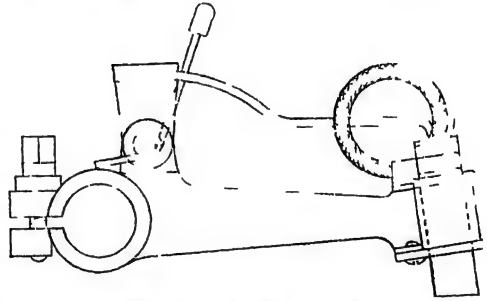
কাৰ্বন ব্ৰাশ যদি ভালভাবে কম্বাটেটাৰেব উপৰ চাপিয়া বসানো না থাকে, তবে আৰ্মেচাৰ ঘূৰিবাব সময় কম্বাটেটাৰ আশুন (spark) দেখা দেয় এবং উহা গৰম হইয়া

ওষ্ঠ, ফলে কমুটেটারের উপরে কালো দাগ পড়িতে আরম্ভ করে। এইরূপ যাহাতে না হইতে পারে সেই উদ্দেশ্যে প্রত্যেকটি ব্রাশ এক-একটি ছোট পিতলের বাক্সেব (brass box) ভিতরে বসানো থাকে, এবং এই বাক্সের আকৃতি এমন হওয়া চাই যাহাতে ব্রাশ সহজেই তাহাব ভিতর যাতায়াত করিতে পাবে। এই বাক্সকেই বল। হয় ব্রাশ-হোল্ডার (brush holder)। ব্রাশকে ঠিক জায়গায় ধরিয়া রাখাই ইহাব কাজ। ব্রাশ-হোল্ডারের ভিতরে কার্বন ব্রাশের উপরে একটি স্প্রিং বসানো থাকে, ইহাব নাম ব্রাশ-হোল্ডার স্প্রিং (brush holder spring)। মেশিন অনববত চলিবার সময় কমুটেটারের সহিত ঘর্ষণ হওয়াব ফলে ব্রাশ যখন ক্ষয় হইতে থাকে, তখন এই স্প্রিং একটু একটু কবিয়া ব্রাশকে ঠেলিয়া দেয়, ফলে ব্রাশ সব সময়েই কমুটেটারের উপর চাপিয়া বসিয়া থাকে এবং তড়িৎ-প্রবাহের পথে আব কোন বাধাব সৃষ্টি হয় না।

জেনারেটরে ও মোটরে ব্যবহৃত ব্রাশ-হোল্ডার দেখিতে সাদৃশ্যবতঃ কিরূপ হয়, তাহা নিম্নে ৫নং চিত্রে দেখানো হইল।

১-৩। ডি. সি. জেনারেটরে ফীল্ডের গঠন (Construction of Field in a D. C Generator)

জেনারেটারের “ফী-৬” বলিতে যে অংশ হইতে চুম্বক-ক্ষেত্র জন্মায়, তাহাব সমস্তটাই বুঝায়। এই চুম্বক-ক্ষেত্র সৃষ্টি করিতে হইলে যে যে অংশ লইয়া ফীল্ডকে গঠন করা প্রয়োজন, তাহাদের সম্বন্ধে নিম্নে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল।



ডাইনামো ও মোটরের ব্রাশ-হোল্ডার ও ব্রাশ
৫ নং চিত্র

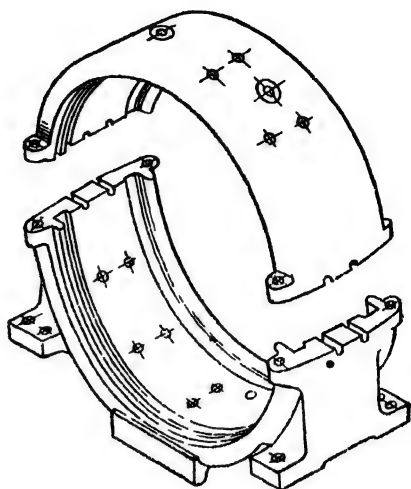
(১) ফ্রেম বা ইয়োক (Frame or Yoke)

জেনারেটারের ফ্রেম বা ইয়োক একই সঙ্গে দুইটি কাজ সমাধা করে—(ক) ইহা সমগ্র মেশিনটিকে নিজের মধ্যে ধারণ করিয়া রাখে, (খ) চুম্বক রেখা প্রবাহ ইহার মধ্য দিয়া প্রত্যাবর্তন করিয়া নিজ নিজ পোলে ফিবিয়া যায় বলিয়া চুম্বক-ক্ষেত্রের অংশ হিসাবে ইহা কাজ করে। যদিও অধিকাংশ মেশিনেই ইয়োক ঢালাই করা ইস্পাতের দ্বারা তৈরী হয়, কিন্তু অপেক্ষাকৃত ছোট মেশিনে ঢালাই লোহার ব্যবহাবও দেখা যায়। ঢালাই করা লোহা অপেক্ষা অবশ্য ঢালাই ইস্পাতই ভাল, কারণ সমান আকারের ক্ষেত্রে ইস্পাতের চুম্বক বলরেখা বহন করিবার ক্ষমতা ঢালাই লোহা অপেক্ষা অধিক, তাই ইস্পাত ব্যবহাব করিলে পাতলা ইয়োক ব্যবহার করা চলে, বেশী ভারি করিয়া তৈরী করিবার দরকার করে না। ছোট এবং মাঝারি আকৃতির ইয়োক সাধারণতঃ একটি আন্তঃ ফ্রেম হিসাবেই ঢালাই হয়, কিন্তু বড় বড় মেশিনের ইয়োক দুইটি পৃথক

অংশে বিভক্ত করা থাকে—একটি উপরের অংশ ও অষ্টটি নীচের অংশ। যখন নীচের অংশের সহিত উপরের অংশ নাট আর বর্নুব সাহায্যে স্তম্ভভাবে আবদ্ধ করা হয়, তখন তাহা একটি আংশ ইয়োকের আকার ধারণ করে। এইরূপ একটি ইয়োকের গঠন ও নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

ইয়োক দুই অংশে বিভক্ত থাকিলে যেমনি সংস্থাপন করিতে বা স্থানান্তর করিবার সময় পা কং করিতে কাজেব বিশেষ সুবিধা হয়।

ফীল্ড-কোর সহ পোল কোরগুলি ইয়োকের ভিতরের দিকে স্থাপন করা থাকে, যার বাহিরের দিকে ইয়োক একটি মোটা পাতের (bed plate) উপর পায় সাহায্যে স্তম্ভভাবে বসানো থাকে। এই পাত আর পায় উভয়-ই সাধারণতঃ ঢালাই মোহাব দ্বারা তৈরী হয়। ইয়োকের দুই পার্শ্ব যে দুইটি প্রান্ত চাপ (end cover) বা কভারের সাহায্যে ঢাকা থাকে, তাহাতেই বেরিং (bearing)



১ নং চিত্র

বসানো হয়, যার সঙ্গে বেরিংয়ের ভিতরে স্থানচ্যুত হওয়া যাবে। এইভাবে একটি জেনারেটরের বিভিন্ন অংশে ইয়োক স্থাপন করিয়া বাধে।

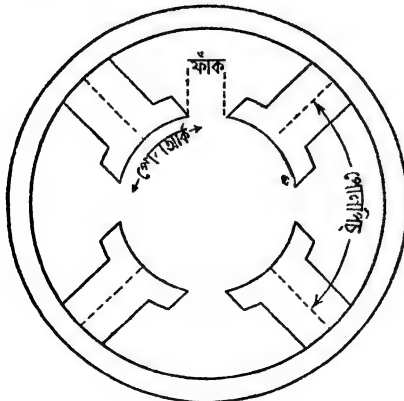
(২) ফীল্ড-কোর বা পোল কোর (Field Cores or Pole Cores)

চাকার বেষ্টের (periphery of the wheel) মত ফালা গোল ইয়োকের ভিতরের দিকে এক জোড়া, দুই জোড়া কিংবা তাহার চাহতেও বেশী জোড়া সংখ্যার পোল কোর এই ইয়োকের সঙ্গে কখন একত্রে ঢালাই করা থাকে, আবার কখন কখন বন্ট (bolt) দ্বারা চাপা থাকে। এখন যেমনি আন্তঃচার-কোরের মত পোল-কোরও স্প্রাউং চাকার সহিত স্ট্যাম্পিং (stamping) কাটিয়া তৈরী করা হয়। প্রথমে স্ট্যাম্পিং-প্রক্রিয়াতে ইন্ডাস্ট্রিয়াল বাণিজ্য মাটিয়া শুভানো হয়; তাহাকে “ল্যামিনেটেড স্ট্রীল শীট” (laminated steel sheet) বা বাণিজ্য মাখানো পাত-লোহা বলে। পরে একসঙ্গে সর্বত্র স্ট্যাম্পিং সাহায্যে “হাইড্রলিক প্রেসারে” (hydraulic pressure) চাপ দিয়া দুইটি কিংবা চারটি “রিভিট” (rivet)-এর সাহায্যে তাহাদের ঝাঁটা হয়। তখন পোল-কোর একটি আন্তঃচারকোনা জিনিসের আকার ধারণ করে। ইস্পাতে চাকারকে ল্যামিনেটেড করার উদ্দেশ্য এই যে, ইহাতে আবর্ত প্রবাহ (eddy current) দ্বারা পোল-কোরে বৈদ্যুতিক শক্তি অপচয় খুব কম হয়। পাত-লোহার পোল-কোর তৈরী

করিতে হইলে কোরের দুই পাশে দুইখানা মোটা লোহার প্যাটি (plate) দেওয়া প্রয়োজন, নচেৎ মজবুত হয় না। কোর তৈরী হওয়ার পরে উহার নীচের দিকে, অর্থাৎ যদিকে ইয়োকের সঙ্গে কোর আবদ্ধ করা থাকে সেই দিকে, স্ক্রু (screw) আঁটিবার জন্তু টেনা করিয়া তাহাতে প্যাচ কাটিয়া দেওয়া হয়।

আবর্ত প্রবাহ বা এডি-কারেন্টের জন্তু বৈদ্যুতিক শক্তির অপচয় সাধারণতঃ পোলের মুখে অবস্থিত পোল-শুভেই অধিক হইয়া থাকে। সেইজন্তু অনেক বড় বড় মেশিনে ঢালাই ইস্পাতের পোল কোরও ব্যবহৃত হইতে দেখা যায়, শুধু পোল-শু ল্যামিনেটেড ইস্পাতের চাদরের সাহায্যে তৈরী করা হয়। এই পোল-শু স্ক্রু দিয়া পোল-কোরের সঙ্গে খাটা থাকে। মেশিন খুব ছোট হইলে ঢালাই লোহার পোল-কোরই যথেষ্ট বলিয়া বিবেচিত হয়। এই পোল-কোর অধিকাংশ ক্ষেত্রেই নলাকৃতি (cylindrical) থাকে। তাহাতে স্তবিধা এই যে, প্রতি পাকে ফীল্ড-কয়েলে যতটা লম্বা তার লাগে, পোল-কোব চতুর্দশ বিশিষ্ট (rectangular) হইলে তাহা অপেক্ষা বেশী লম্বা তারের প্রয়োজন হয়। স্তব্ধা নলাকৃতি পোল-কোব ব্যবহার করিলে যথেষ্ট পরিমাণে তাবের সাশ্রয় (economy) করা যায়।

লম্বালম্বিভাবে (axially) আর্মেচার-কোর যত লম্বা, পোল-কোবও তত লম্বা হয়। কোন এক পোলের মুখে (pole face) একদিকের প্রান্ত হইতে পাশের অগ্র পোলের মুখের অন্তরূপ প্রান্ত পর্যন্ত, যখন এক পোলার মাঝখান হইতে পাশের অগ্র পোলের



গ(ক) নং চিত্র

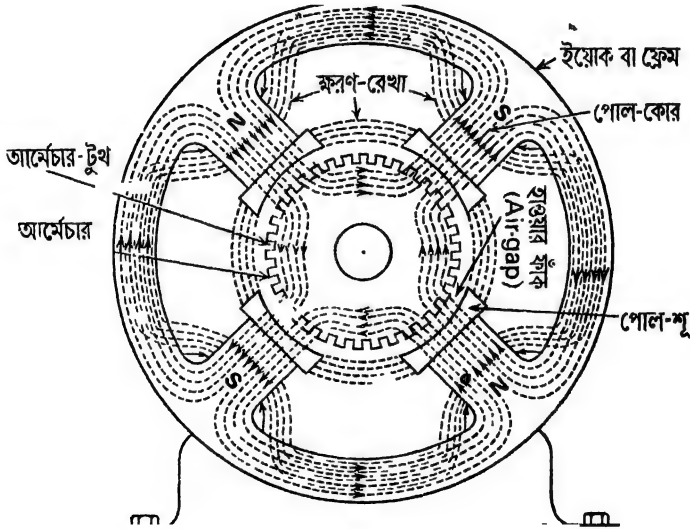
মাঝখান পর্যন্ত দূরত্বের ইংরাজি নাম পোল পিচ (pole pitch), আর মেশিনের এক পাশ হইতে দেখিলে আর্মেচারের সম্মুখ পোলের মুখের (বৃত্তখণ্ডের আকারে) লম্বাইয়ের নাম পোল আর্ক (pole arc)। সাধারণতঃ মেশিনের পোল-পিচ যতটা লম্বা হয়, তাহার শতকরা ৬৫ হইতে ৭৫ ভাগ পর্যন্ত পোল-আর্কের লম্বাই হয়, আর বাকী ২৫ হইতে ৩৫ ভাগ দুই পোলের মাঝে ফাঁক থাকে। যদি ইহা অপেক্ষা কাছাকাছি পোল বসানো

যায়, তবে চুম্বক রেখা প্রবাহ এক পোল হইতে অগ্র পোলে যাইবার সময় আর্মেচার দিয়া ঘুরিয়া না গিয়া ফাঁকের মধ্য দিয়া অধিক পরিমাণে চলিয়া যায়। তখন বেশীর ভাগ চুম্বক বলরেখা জেনারেটাবে ভোল্টেজ উৎপাদন করিবার কাজে ব্যবহৃত হইতে পারে না, কেবল “লাকেজ ফ্লাক্স” (leakage flux) বা “ক্ষরণ-রেখা” রূপে তাহাদের অপচয় ঘটে। চুম্বক-বেতার অপচয় প্রত্যেক মেশিনেই কিছু-না-কিছু হয় বলিয়া সচরাচর আর্মেচার যত চুম্বক বলরেখা কর্তন করে তাহা অপেক্ষা প্রায়

শতকরা ২০ ভাগ বেশী রেখাপ্রবাহ উৎপন্ন করিবার মত উপযুক্ত শক্তিশালী করিয়া। পোল-কোর তৈরী করিতে হয়। তাহা ছাড়া চেষ্টা করিতে হয় যাহাতে পোলের মুখের আকার যতটা লম্বা যেন ততটাই চওড়া (অর্থাৎ square pole face) থাকে। ৭(ক) নং চিত্রে পোল-পিচ, পোল-আর্ক ও পাশাপাশি অবস্থিত দুই পোলের মাঝে কতটা ফাঁক থাকে তাহা দেখানো হইয়াছে।

পোল-কোর, আর্মেচার-কোর ও ইয়োকের মধ্য দিয়া চুম্বক বলরেখা কিরূপে অগ্রসর হয়, তাহা নিম্নে ৭(খ) নং চিত্রে দেখানো হইল। যে-সকল মেসিনে অন্ততঃ চারিটি ফীল্ড-পোল থাকে, সেইরূপ একটি মেসিনকেই এই চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

চুম্বকের উত্তর মেরু (north pole) হইতে রেখাপ্রবাহ বাহির হইয়া পোল-শূ ও আর্মেচার-কোরের মধ্যবর্তী অংশে হাওয়ার ফাঁক (air gap) অতিক্রম করিয়া পোল-শূয়ের মুখের সামনে যতগুলি আর্মেচার-টুথ বা দাঁত (armature tooth) থাকে



৭(খ) নং চিত্র

তাহাদের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হয়, এবং দাঁতের নীচের অংশে আর্মেচার-কোরে যায়। সেখানে সমগ্র রেখাপ্রবাহ দুই ভাগে বিভক্ত হয় ; একভাগ বাঁ দিকের দক্ষিণ মেরুর দিকে, আর অন্য ভাগ ডান দিকের দক্ষিণ মেরুর দিকে যায়, আর ঐ দক্ষিণ মেরুর মুখের সামনে অবস্থিত আর্মেচার-টুথগুলি দিয়া প্রবাহিত হয়। ঠিক একই সময়ে অপর উত্তর মেরু হইতে বহির্গত রেখাপ্রবাহের অর্ধেকও প্রাতিটি দক্ষিণ মেরুর মুখের সামনে আর্মেচার-টুথের ভল্লয় আসিয়া উপস্থিত হয়, আর পূর্ণোক্ত চুম্বক-রেখার সহিত একত্র হইয়া দাঁত-গুলি দিয়া প্রবাহিত হইতে থাকে। এই সমবেত রেখাপ্রবাহ পুনরায় হাওয়ার ফাঁক

অতিক্রম করিয়া দক্ষিণ মেরুতে প্রবেশ করে, এবং সেখানে পোল-শু ও পোল-কোরের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া ইয়াকে চলিয়া আসে। ইয়াকে আবার সমবেত রেখাপ্রবাহ দুই ভাগে বিভক্ত হয় এবং এক-একটি ভাগ ইয়াকের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া নিজ নিজ উত্তর মেরুতে ফিরিয়া যায়।

(৩) ফীল্ড-কয়েল বা ম্যাগনেটাইজিং-কয়েল (Field Coil or Magnetizing Coil)

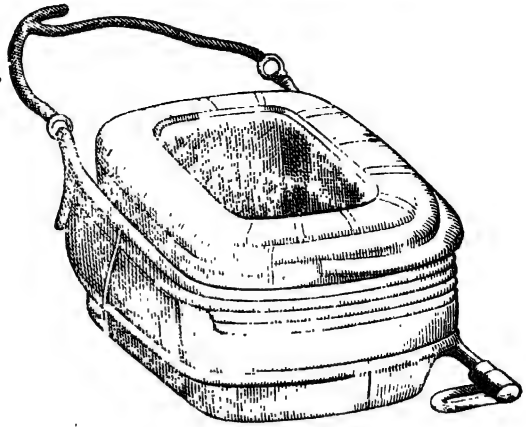
অন্তরিত বা ইন্সুলেটেড তারের সাহায্যে তৈরী যে কুণ্ডলি বা কয়েল পোল-কোরের গায়ে বসানো থাকে এবং যে কুণ্ডলির মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইলে পোল-কোর তড়িৎ-চুম্বকীয় পরিণত হয়, সেই কুণ্ডলিকেই ফীল্ড-কয়েল বা ম্যাগনেটাইজিং-কয়েল বলে। এই কুণ্ডলি জড়াইবার সময় কখনও কখনও তার প্রয়োজন, পৃথমে তাহা গুজন করিয়া লইয়া মাপ মত একটি “ফর্ম” (form) উপর জড়াইয়া লওয়া হয়। পরে তাহার উপরে কাপড়ের সাদা কিংবা জড়াইয়া দিলেই ফীল্ড-কয়েল তৈরী হয়।

ফীল্ড-কয়েলের মাঝখানে একটি ছিদ্র থাকে। এই ছিদ্র গোলও হয়, আবার চার-কোণীও হয়। বলা বাহুল্য, পোল কোরের আকৃতির উপরেই তাহা নির্ভর করে। কুণ্ডলি চারকোনা হইলে যতটা লম্বা ও চওড়া হইবে, কিংবা কুণ্ডলি গোল হইলে উহার ব্যাস (diameter) যতটা হইবে, এবং এই কুণ্ডলি যতটা পুরু হইবে, সেই সমস্ত মাপ লইয়া একটি “কাঠের ফর্ম” (wooden form) তৈরী করিতে হয়। কাঠের স্ট্যান্ডের (stand) উপরে সেই ফর্ম বসাইয়া তাহার উপরে দুই হাবা স্ততার ইন্সুলেশন-ওয়ালা তার জড়ানো হইয়া থাকে। ইহাকে “ডি. সি. সি.” বা “ডবল কটন কভারিং” (double cotton covering) দেওয়া তার বলে। অনেক ছোট ছোট মেরিন এক হারা স্ততার ইন্সুলেশনওয়ালা তারও ব্যবহার করা হয়। ইহার নাম “এস. সি. সি.” বা “সিংল কটন কভারিং” (single cotton covering) দেওয়া তার। নিয়ম মত যদি গুণনা করিয়া প্রত্যেক কুণ্ডলিতে তারের পাবেব সংখ্যা ঠিক করা উচিত, তাহাও তাহা করা হয় না। কাঠের সমস্ত পট্যেক কুণ্ডলিতে কত তার আছে তাহা মনে রাখিয়া লইয়া সেই পরিমাণ তার দিয়া কুণ্ডলি তৈরী হইয়া থাকে। বদলার মাপের সামান্য এদিক-ওদিক হওয়ার দরুন যদি কুণ্ডলিতে থাকের সংখ্যা অন্য পরিমাণে বদলাইতে পারে, কিন্তু কাজেব ঠিক দিয়া তাহাতে বিশেষ কোন ক্ষতি হয় না।

কুণ্ডলি জড়ানো ও তাহাতে সাদা কিংবা লাল রঙের শেয় হওয়ার পরে ফীল্ড-কয়েলকে কোন গরম ভায়গায় রাখিয়া গুথুগুথে করিয়া লইতে হয়। এইরূপ না করিলে তারের উপরে যে স্ততার ইন্সুলেশন বা অন্তরণ থাকে, তাহা প্রায়ই স্যাংসেঁতে হইয়া যায়, এবং তাহাতে কুণ্ডলি শীঘ্র খাবাপ হইয়া যাওয়ার সম্ভাবনা বৃদ্ধি পাইয়া থাকে। তাহার উপর পাবেও স্ততার অন্তরণে পালিশ কিংবা ইন্সুলেটিং কয়েল দিলেই তাহা ঠিক হইবে করিয়া ভিজাইয়া পরে আবার গরমে রাখিয়া শুকাইয়া লইতে হয়। এই পদ্ধতিতে যে গালা বা রঙে যে মশলা থাকে, তাহা তারের অন্তরণের ভিতরে ভাকিয়া যায়। প্রবেশ করে, ফলে অন্তরণের স্ততা আর স্যাংসেঁতে হইতে পারে না। তাহা হইলে

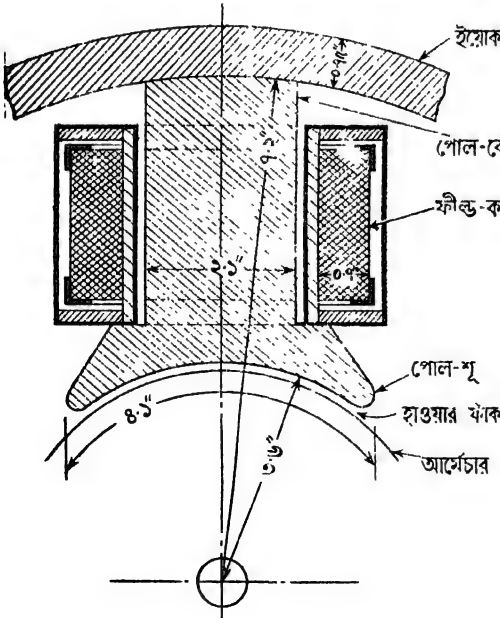
গালা বা রঙ শুকাইয়া গেলে কুণ্ডলির পাকে পাকে আটকাইয়া ধরে ; তখন সবগুলি পাক একত্রে আন্ত জিনিসের মত শক্ত হইয়া যায়, কোন পাক সহজে খুলিয়া আসে না।

কুণ্ডলির ভিতর দিয়া যে তড়িৎ প্রবাহিত হয়, যদিও তাহার অভিমুখের (direction) উপরে চুম্বকের মেরু নির্ভর করে, কিন্তু ফীল্ড-কয়েল তৈরী করিবার সময় একটি কুণ্ডলি অল্পটির উল্টাদিকে জড়াইবার প্রয়োজন হয় না। জড়াইবার সময় সব কুণ্ডলিকেই একদিকে জড়ানো হইয়া থাকে, উল্টা করা হয় কেবল সংযোগের সময়। কুণ্ডলিগুলি নিজের নিজের ভায়গায় বসাইবার পরে উহাদের সংযোগ এমনভাবে করা হয়, যাহাতে একটি কুণ্ডলিতে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ যেদিকে থাকে, উহার পাশে অল্প কুণ্ডলিতে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ যেন তাহার ঠিক বিপরীত হয়। এই উদ্দেশ্যে ফীল্ড-কয়েলে কারেন্ট দিয়া প্রতিটি পোল-কোরকে পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হয় ঠিক একটি কোর উত্তর মেরু এবং উহার পাশের অল্পটি দক্ষিণ মেরু হইল কি না। যদি না হয়, তবে যে পোলটি ঠিক হয় না তাহার কুণ্ডলির সংযোগ উল্টা করিয়া দিতে হইবে।



ফীল্ড-কয়েল

৮(ক) নং চিত্র



৮(খ) নং চিত্র

চিত্রে একটি পোল-কোর ও উহার চারিদিকে বসানো একটি ফীল্ড-কয়েল দেখানো হইয়াছে।

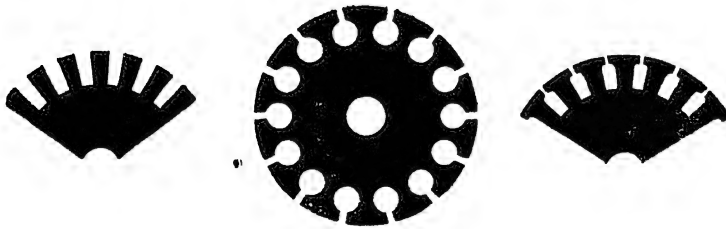
৮(ক) নং চিত্রে একটি সম্পূর্ণ ফীল্ড-কয়েল এবং ৮(খ) নং

১-৪। ডি. সি. জেনারেটরে আর্মেচারের গঠন (Construction of Armature in a D. C. Generator)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, জেনারেটরের যে অংশ ঘোরে তাহার নাম আর্মেচার। এই ঘুরন্ত অংশ আর্মেচার-কোর, কোরের খাঁজের মধ্যে বসানো আর্মেচার-ওয়াইন্ডিং ও কমুটেটর লইয়া গঠিত। কিভাবে প্রতিটি অংশের গঠনকার্য সমাধা করা হয়, তাহা নিম্নে সংক্ষেপে বলা হইল।

(১) আর্মেচার-কোর (Armature Core)

আর্মেচার-শাক্টের উপর দাঁত কাটা লোহার চাক্তি বা ডিম্ বসাইয়া যে একটি বেলনের মত কাঠামো তৈরী করা হয়, তাহার নাম আর্মেচার-কোর। এই চাক্তি-গুলি সাধারণতঃ নরম ইস্পাত বা অল্প কোন প্রকার মিশ্র ইস্পাতের চাদর হইতে মেশিনের সাহায্যে কাটিয়া বাহির করা হয়। ইহাতে সব চাক্তি গুলিই ঠিক এক মাপের হয়, আর শাক্টের জগ্ন মাঝের ছিদ্র ঠিক গোল আর চাক্তির ঠিক কেন্দ্রস্থলে থাকে। সব চাক্তি গুলিতেই “চাবির ঘাট” (key-way) ঠিক এক জায়গায় থাকে, কাজ খুব নিখুঁত হয়, আর সবোপরি এক-একদিনে তৈরীও হয় বহু হাজার চাক্তি। প্রতিটি চাক্তিতে দাঁত (tooth) আর খাঁজ (slot) কাটাও মেশিনের সাহায্যেই হইয়া থাকে। খাঁজ নানা প্রকারের হয়। নীচে ৯ নং চিত্রে তিন প্রকারের খাঁজ বা ‘স্লট’ দেখানো হইয়াছে।



৯ নং চিত্র

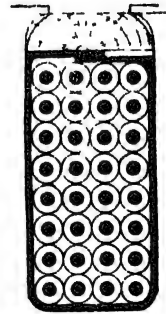
চিত্রের বাঁ দিকে যে প্রথম খাঁজ দেখানো হইয়াছে, তাহাকে “ওপন স্লট” (open slot) বলে। এই প্রকার খাঁজে আর্মেচার-কয়েল অতি সহজে ডডানো যায়। দাঁতগুলি সোজা সোজা বলিয়া কয়েল জড়াইবার সময় তারের উপরের অস্তরণ বা ইনসুলেশন (insulation) কাটিয়া বা সরিয়া যাইবার সম্ভাবনা গুল্লই থাকে। অন্য দুইটি চিত্রে যে রকমের দাঁত আর খাঁজ দেখানো হইয়াছে, তাহাতে এই সম্ভাবনা কম। ইহাদের “সেমি ক্লোজড স্লট” (semi-closed slot) বলে। কিন্তু আবার প্রথম প্রকার খাঁজের দোষ এই যে, যখন আর্মেচার ঘুরিতে থাকে, তখন কয়েলগুলি ফাশিয়া গুলে এবং খাঁজ হইতে বাহির হইয়া আসিবার মত হয়। দ্বিতীয় প্রকার খাঁজের মুখ অর্ধেক বন্ধ থাকে বলিয়া কয়েলের তার অতটা বাহির হইয়া আসিতে পারে না। আর্মেচার ঘুরিবার সময় প্রথম প্রকারের খাঁজ হইতে বাহ্যতে তার বাহির হইয়া

না আসে, সেইজন্য কয়েল জড়ানো শেষ হওয়ার পরে লোহার তার দিয়া আর্মেচারের উপরটা বাঁধিয়া দেওয়া হয়। দ্বিতীয় প্রকার খাঁজে যদিও তার বাহির হইয়া আসিবার সম্ভাবনা কম, তবুও সম্পূর্ণরূপে নিশ্চিত হওয়ার জন্য কয়েল জড়ানো হইয়া গেলে আর্মেচার-কোরের সমান লম্বা একটি ফাইবারের (fibre) ফালি কয়েলের উপরিভাগে খাঁজেব মধ্যে ঝাট করিয়া পুরিয়া দেওয়া হয়। এই ফাইবারের ফালিকে ইংরাজিতে “ওয়েজ” (wedge) বলে। এইরূপ ব্যবস্থাতে আর্মেচার ঘুরিবার সময় কয়েলের তাব কিছুতেই বাহির হইয়া আসিতে পারে না। কিন্তু ইহাতে আবার অল্প দোষ আসিয়া জ্বোটে। যখন মেসিন চালাতে থাকে, তখন এই জাতীয় আর্মেচার একটি বেশী গরম হয়, কারণ ফাইবারের মধ্য দিয়া তাপ সহজে বাহির হইতে পারে না।

খাঁজের আকার যেমনই হউক না কেন, উহার আয়তন এমন হওয়া চাই যাহাতে কয়েলে যত পাক তার থাকে, তাহা যেন খাঁজের ভিতরে অনায়াসে ধরে। তাহা ছাড়া কয়েল জড়াইবার আগে খাঁজের ভিতরে “ইনসুলেশন-ক্লথ” (insulation cloth) পাতিয়া দিতে হয় যাহাতে তারের সঙ্গে কোরের লোহা কোন দ্বায়গায় ঠেকিতে না পারে, আর কয়েল জড়ানো শেষ হইবার পরে সব কয়টি পাক-এই ক্লথ দিয়া নড়িয়া দিতে হয়। স্ততরাং এই ক্লথ আর সবোপরি ফাইবারের ফালি। ইহাদেরও কতকটা জায়গা প্রয়োজন। তাই এই সমস্যা হিমাব করিয়া তবে খাঁজের আয়তন ঠিক করিতে হয়।

খাঁজের ভিতরে কয়েলের তার কিভাবে থাকে, তাহা নিয়ে ১০নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

আর্মেচার-টুপের মাপও অনেকগুলি কারণের উপর নির্ভর করে। টুথ বা দাঁত বেশী চওড়া করিলে খাঁজের আকার কমিয়া যায়, আবার বেশী সরু করিলে দাঁতের জোর কম হইয়া পড়ে। তাহা ছাড়া দাঁত যতটা চওড়া হইয়া দাঁকার তাহা অপেক্ষা কম হইলে মেসিন চালাবার সময় গরম হইয়া ওঠে, কেননা প্রত্যেক দাঁত দিয়া তখন যতগুলি চুম্বক বলরেখা প্রবাহিত হয় দাঁতের মধ্যে তাহাদের ঘনত্ব (flux density) এত বেশী হইয়া যায় যে, সংপৃক্ত-বিন্দুর (saturation point) কাছ বরাবর চলিয়া আসে, কিংবা সেই বিন্দুকে ছাড়িয়া যায়। ইহাতেই দাঁত গরম হয়। সাধারণতঃ এক কিনোওয়াটি অপেক্ষা কম ক্ষমতাসম্পন্ন মেসিনের ক্ষেত্রে একটি খাঁজের আরম্ভ



একটি স্লটের পরিবর্তিত আকার
১০নং চিত্রে

হইতে পরের খাঁজের আরম্ভ পর্যন্ত দূরত্ব (slot pitch) আধ ইঞ্চির মত থাকে, কিন্তু বড় মেসিনের আর্মেচারে প্রতি ইঞ্চি পরিধিতে মোটামুটি ১.১ হইতে ১.৫টি খাঁজ রাখা হয়। এ-বিষয়ে খুব একটা ধরাবাঁধা নিয়ম নাই। যিনি মেসিন তৈরীর পরিকল্পনা করেন, তাহার বিবেচনার উপরেই প্রধানতঃ ইহা নির্ভর করে। তবে বিভিন্ন

মেনিনের গঠনপ্রণালী পর্যালোচনা করিলে দেখা যায় যে, একটি দাঁত ও একটি থাঞ্জের চন্দ্রভাঙ্গির অনুপাত (ratio) বড় বড় মেনিনের ক্ষেত্রে সাধারণতঃ ১:১, আর ছোট ছোট মেনিনের ক্ষেত্রে প্রায় সমান সমান থাকে।

আর্মেচারের ডিম্ব বা চাক্তি কাটা হইলে প্রথমে তাহার গায়ে বানিশ বা অগা কোন ইন্সুলেটিং রঙ দিয়া পরে শাফটের উপর বসানো হয়। এই সময় লক্ষ্য রাখিতে হয় চাক্তি বা ডিম্বগুলি যেন ঠিক একই বোথে বসে। লোহার চাদরের একদিক একটি চকচকে, আর অন্যদিক ভাঙা অপেক্ষা কিছু ম্যাডমেডে (dull) থাকে। যদি চকচকে দিকটা উপরে রাখিয়া একখানা চাক্তি শাফটের উপর বসানো হয়, তবে দেখিতে হইবে যে চাক্তিগুলির চকচকে দিকটি যেন উপরে থাকে। এইরূপ করিলে সবকয়টি চাক্তিতেই ঠিক পথে পথে বসে, আর একখানি অগাখানি গায়ে পাওয়া যায়। বড় মাথাইবার পরেও বারো এইভাবে বসানো যাইতে পারে, সেইজন্য চাক্তি কাটা যাব সময় ডায়েরীতে একটা একটা করিয়া পঙ্ক (punch) দিয়া বা অগা কোন একমুখ চাক্তি দেওয়া থাকে। ইহাতে চাক্তি পথে পথে অনেক সুবিধা হয়। অনেক সময় ডায়েরীতে থাকে চাদরের এক পিসে পাগড় মাফিয়া তৈরি করে ডিম্ব কাটা হয়। ইহাতে আর্মেচার-কোব তৈরি করবার সময় লোহার চাক্তিগুলি পরস্পরের সঙ্গে লাগিতে পারে না, মনে একখানি কাগজের চাক্তি থাকিয়া যায়। এইভাবে কাগজ না দিলে, অথবা একটা বানিশ না রাখিলে, অথবা ল্যামিনেটেড ডিম্ব না দিয়া ১০ লাইট ইম্প্রোভেড একটি লাইট আর্মেচার-কোব তৈরি করিলে মেনিন চালানার সময় বড়-বড়ের চকচক এবং প্রবাহের জন্য বোঝা হইয়া উঠিলে, তাহা হাতে আর্মেচারের বৈদ্যুতিক শক্তির অপচয় বুঝি পাইবে।

আর্মেচার কোবের ডিম্ব পাতে 'এন্ডবল' আকারের ডিম্বানি মোটা পাতে দেওয়া থাকে। ইহাদের ইংরেজিতে "এন্ড-বাল্জ" (end-flange) নাম। বড় বড় মেনিনের আর্মেচারে পাঁচটি লোহার এন্ড-বাল্জ দেওয়া থাকে।

কোন ল্যামিনেটেড ডিম্বের সাহায্যে তৈরি করিলেও মেনিন চালানার সময় উহাতে কিছু-না-কিছু অবশ্য-পর্যন্ত সৃষ্টি হয়, তাহা ছাড়া কয়েক দিয়াও তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে। পধানতঃ এই জই কারণেই আর্মেচারের গরম হইয়া ওঠে। এখন, আর্মেচার হইতে এই তাপ যাহাতে সহজে বাহির হইয়া যাইতে পারে, সেইরূপ ব্যবস্থা থাকা প্রয়োজন, নতুবা অধিক উত্তাপের কারণেই গায়ে জড়ানো ইনসুলেশন থাকা হইয়া যাওয়া সম্ভাবনা থব বেশী, এমন কি কয়েকগুলি পুড়িয়া যাইতে পর্যন্ত পাবে। সেইজন্যই চাক্তিগুলি তৈরি করবার সময় উহাদের কেন্দ্রস্থলে শাফটের মাপ গুলুঘায়ী একটি ছিদ্র ছাড়াও আরও কতকগুলি ছোট ছোট ছিদ্র নানা স্থানে করিয়া দেওয়া হয়, আর আর্মেচার-কোবের মাঝে মাঝেও ফাঁক রাখা থাকে। চাক্তিগুলি শাফটের উপর এক-একবারে আন্দাজ ৫ সেন্টিমিটার হইতে ৮ সেন্টিমিটার পর্যন্ত পরানো হইলে পর প্রায় ১:২৫ সেন্টিমিটার হইতে ১:৭৫ সেন্টিমিটার চওড়া একটু

কবিতা-কি বাবা? বাবাও হাহাও মতে এই ফাক ১০ সেন্টিমিটার দূর
দূর শাখাও চর্চিত। এই ফাককে 'ভেন্টিলেটিং ডাক্ট' (ventilating duct)
বা শাখা চলাচলের ফাক বলা হয়। এতে বড় মোসনের প্রাথমিকভাবে এই
চলাচলের ফাক থাকে, কিন্তু ছোট মোসন নব আমচারে ইহা বাখাব দনকার হয় না।
মোসন চলবার সময় হাওয়া হাওয়া পথাক চাকতি খসিবে ছোট মধ্য দিয়া শাখাটবে সহি
সমা। মোসন নব প্রবাহিত হয় এবং কোর হতে তাপ সহি করি এবং হওয়া ওঠে
পরে হে বম হাওয়া 'ভেন্টিলেটিং ডাক্ট' দাক্তব এবং দিয়া শাখা উপরে পাড়াভার
প্রবাহিত হওয়া কোরব প্রবাহিত চায়া আম। এহভাব বেস শনিক উপরে
হাত হতে বক্ষা। বা। মোসন চলবার সময় পান। বেদান্ত বনেব সাহায্যে
ঠান হাওয়া কোরব মধ্য দিয়া চলাচল করে। শাখাটবে মাং বাড়হবা জগ
কোন কান মোসনে ওগুতবে সহি ও (যাং blower) বা বাপরাহ
উপরে করিবার মত প্রযন্তে সন করা থাক।

[illegible]

খুব ছোট এলন যে খাব ডাঙানো হয় শুধু বড় বপা তৈরি বা বেশমের ইনসুলেশন থাকে। তত্বেই তৈরি হয় ডাবল ডাবল (double silk covering) হয়। তবে এনামেল করা তামার তামা (enamelled copper wire) আর বেশমের আবরণ দেওয়া তারও ব্যবহার হয়। বড় বড় প্রমোচের আবার ডি.সি.সি. তারের ব্যবহারও থাকে। যাতে আজকাল তামার খুব অভাব বলিয়া ইনসুলেশন দেওয়া ত্যালুমিনিয়ামের তারও ব্যবহার করা হচ্ছে।

সমস্ত খাঁজে তাই ভ্রাদানো হইল। লে ইনসুলেশন-গ্রুপিং নাওয়া দিয়া গাউবাবেব ফালি উপবে আঁটিয়া দেওয়া হয়। পব আনচাব কাযলেব যে প্রান্তান্ত্রালি (terminal) বাহিব কবিয়া বাখা থাকে তাহাদেব পণীখ। কবিয়া দেখা হয় জড়াইবাব সময় কযেলে “সর্ট সার্কিট” (short-circuit), “অপন সার্কিট” (open circuit) প্রভৃতি কোন দোষ হইয়াছে কি না। যখন দেখা যায় যে কোন দোষ নাই, তখন

ঐ প্রান্তগুলি কমুটেটারের সহিত বালাই (solder) করিয়া দেওয়া হয়। ইহার পর আর্মেচারকে কোন গরম জায়গায় ১২ ঘণ্টা হইতে ৩৬ ঘণ্টা পর্যন্ত রাখিয়া বেশ শুকন। খটখটে করা হয়, এবং ভালভাবে শুকাইয়া যাওয়ার পরে উহার উপরে গালায় পালিশ বা ইনগলেটিং রঙ এমনভাবে ঢালিয়া দেওয়া হয় যাহাতে সবগুলি কয়েল বেশ-ভিজিয়া যায়, তখন আবার আর্মেচারকে গরমে শুকাইয়া লওয়া হয়। সাধারণতঃ আর্মেচারে কয়েল বা কুণ্ডলি জড়ানো শেষ হইলে উহাকে একটি ট্যাক্সের মধ্যে বন্ধ করিয়া সেই ট্যাক্স হইতে তাওয়া বাহির করিয়া লওয়া হয়, আর সঙ্গে সঙ্গে ট্যাক্সটি গরম করা হয়। পরে গরম অবস্থাতেই সেই ট্যাক্সের ভিতরে ইনগলেটিং রঙ বা বার্নিশ ঢালিয়া দিয়া আর্মেচার-কয়েলগুলি সিক করা হইয়া থাকে।

সম্প্রদেয়ে আর্মেচার-কোরের উপরিভাগ লেদ মেসিনে 'টার্ণ' করিয়া লইলেই আর্মেচার তৈরী সম্পূর্ণ হয়।

পোল আর আর্মেচারের মধ্যবর্তী ফাঁক (Air-gap)

সেখানে আর্মেচারের ব্যাস দুই ইঞ্চি বা তাহারও কম হয়, সেখানে পোল-শু আর আর্মেচার-কোরের মধ্যবর্তী তাওয়ার ফাঁক সাধারণতঃ ০.০২৫ ইঞ্চি থাকে। আর যদি ব্যাস দুই ইঞ্চি হইতে চারি ইঞ্চি পর্যন্ত হয়, তখন ফাঁকের লম্বাই (radial length of air-gap) ০.০৩১২৫ ইঞ্চি রাখাই নিয়ম। মেসিন যত বড় হয়, ফাঁকও তত বেশী থাকে। কাহারও কাহারও মতে বড় মেসিনের ফাঁকের লম্বাই আর্মেচারের দাঁত উপরিভাগে যতটা চওড়া থাকে তাহার অর্ধেকের কম হওয়া উচিত নহে (not to be less than half the maximum tooth width)। মোট কথা, ফাঁকের পরিমাণ মেসিনের আকারের উপযুক্ত হওয়া খুবই দরকার, নচেৎ মেসিন চলিবার সময় নানারকম অসুবিধা দেখা দেয়।

ফাঁক যত বেশী হয়, ফীল্ড-কয়েলে তত বেশী 'অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ' (ampere-turn) লাগে। কয়েল বা কুণ্ডলির পাকের সংখ্যাকে উহার ভিতর দিয়া যত অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয় তাহার দ্বারা গুণ করিলে যে গুণফল পাওয়া যায়, তাহাকে ফীল্ড-কয়েলের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ বলে। তাওয়াব চুম্বক-ভেদতা (permeability) খুব কম বলিয়া ফাঁক বেশী হইলে কয়েল-পিছু চুম্বকী-করণ বল (magnetomotive force, অর্থাৎ অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ) অতিরিক্ত হইয়া পড়ে। ইহাতে হয় কয়েলের পাকের সংখ্যা অতিমাত্রায় বাড়িয়া যায় (কলে মেসিনের দামও বাড়ে), আর না হয় কয়েলের ওজন কম রাখিতে গিয়া উহার ভিতর দিয়া বেশী কারেন্ট পাঠাইতে হয়, তখন আবার কয়েল বেশী গরম হইয়া পড়ে।

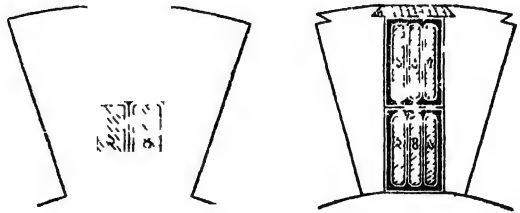
অত্যাধিক আবার, যদি ফাঁকের পরিমাণ অত্যধিক কম থাকে, তবে আর্মেচার দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় আর্মেচার-কোর এক জোরালো চুম্বকে পরিণত হইয়া ফাঁকের রেখাপ্রবাহকে টানিয়া একদিকে বাঁকাইয়া দেয়, আর কতক পরিমাণে চুম্বকত্ব হরণ করে (distortion and demagnetisation due to armature reaction); তখন কমুটেটারে আঁগুন দেয়, আর ফীল্ডের চুম্বকত্বের অপচয় ঘটে।

ফাঁক অধিক কম হওয়ার অন্ত্য অবশ্যাব্যী কুফল এই যে, ইহাতে পোল আর আর্মেচারের মধ্যে চুম্বকীয় আকর্ষণের (magnetic attraction) সমতা থাকে না ; ফলে শাফট বাকিয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে, আর বেয়ারিং একপাশে সরিয়া গিয়া শাফটের সঙ্গে ঘষা লাগে ।

(২) আর্মেচারের ওয়াইন্ডিং (Armature Winding)

ডি. সি. মেশিনের আর্মেচারে যে তামার তার ব্যবহার করা হয়, সেই তামাকে হাই-কন্ডাক্টিভিটি (high-conductivity) বা খুব বেশী পরিবহন-শক্তি বিশিষ্ট তামা বলে, অর্থাৎ সেই তামা বিশুদ্ধতার সম্ভ্রষ্ট। এই তামার পরিবাহিতা (conductivity) রূপার পরিবাহিতার তুলনায় শতকরা ৯৮ ভাগ ; তাহা ছাড়া ইহা কোমলায়িত (নরম বা annealed) হওয়াও প্রয়োজন । ছোট ছোট আর্মেচারে গোল তার, আর বড় বড় আর্মেচারে আয়ত (rectangular) পরিবাহী ব্যবহার করা হয় । মোটামুটি-ভাবে বলিতে গেলে, আনু্য ০.১৫ বর্গ সেন্টিমিটার পর্যন্ত আয়তনের পরিবাহীতে গোল তার ব্যবহার করা হয়, আর তাহা অপেক্ষা মোটা কন্ডাক্টরে ব্যবহার করা হয় আয়ত পরিবাহী । খুব বড় মেশিনে একাধিক পরিবাহী প্যারাললেলে ব্যবহার করা হয় থাকে । সেম্বন্ধে লক্ষ্য রাখিতে হয় যে, যতগুলি পাটি প্যারাললেলে আছে, তাহাদের সমবেত আয়তন যেন নিকৃপিত পরিবাহীর আয়তনের সমান হয় । গোল তারের অন্তর্বিধা এই যে উহা যত মোটা হয়, খাঁজের মধ্যে তত বেশী জায়গা নষ্ট হয় ; আর ঐ তারকে ভাল করিয়া বঁকাইতে পারা যায় না । ১০নং চিত্রের সাহিত নিম্নে প্রদর্শিত ১১নং চিত্রের তুলনা করিলে প্ৰবোক্ত চিত্রে দেখানো খাঁজে যে বেশী জায়গা নষ্ট হয়, তাহা স্পষ্ট বুঝা যাইবে ।

আর্মেচারে ব্যবহৃত পরিবাহী, আয়তন নির্ভর করে ঐ পরিবাহী দিয়া কত অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হইবে, তাহার উপর । তাহা খাবার কতক পরিমাণে নির্ভর করে মেশিন কত জোরে ঘুরিবে, তাহার উপর । কারণ মেশিন বেশী জোরে চলিলে পরিবাহীতে উৎপন্ন তাপ শীঘ্র বাহির হইয়া যাইতে পারে । সেইজন্য মেশিন আশে চলবার সময় যে-পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হইতে গেলে কোন আর্মেচার-কয়েল অতিরিক্ত গরম হইয়া ওঠে, মেশিন জোরে চলিবার সময় সেই পরিমাণ তড়িৎ, কিংবা তাহা অপেক্ষাও কিছু বেশী তড়িৎ, আর্মেচারকে কম গরম করিয়া সেই কয়েল দিয়াই প্রবাহিত হইতে পারে । বৈদ্যুতিক মেশিনে আর্মেচারের কিংবা ফীল্ড-কয়েলের



খাঁজের ভিতরে পরিবাহী বসানোর নিয়ম
১১নং চিত্র

তাব দিয়া মেসিনের গতিবেগ অনুসারে প্রত বার্ট ইঞ্চি ক্ষেত্রফলে ২৫০০ হইতে ৩০০০ অ্যাম্পিয়াব তড়িৎ পাঠানো যাইতে পারে। তড়িৎ-প্রবাহের এই পরিমাণকে “কারেন্ট-ডেন্সিটি” (current density) বা “তড়িৎ-প্রবাহের ঘনত্ব” বলে। মেশিন পূৰ্বা লোড চলিবার সময় আমেচাবেব তাব দিয়া যত অ্যাম্পিয়াব তড়িৎ প্রবাহিত হইবে তাহা বাহিব করিবা, যদি সেই অ্যাম্পিয়াবকে কারেন্ট-ডেন্সিটি দিয়া ভাগ করা যায়, তবে তাবেব ক্ষেত্রফল পাওয়া যায়। এই ক্ষেত্রফল নির্ধারণ করিবার পবে নাড়াবে যে-সকল প্রচলিত মানের (standard size) পরিবর্তা আছে, তাহাদের তালিকা হইতে উপযুক্ত মানের একটি পরিবর্তা আমেচাবেব ওয়াইণ্ডিংয়ের জন্য নির্বাচন করা হইয়া থাকে।

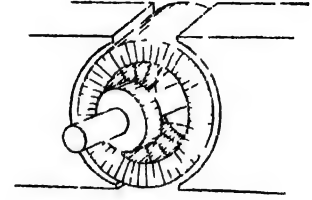
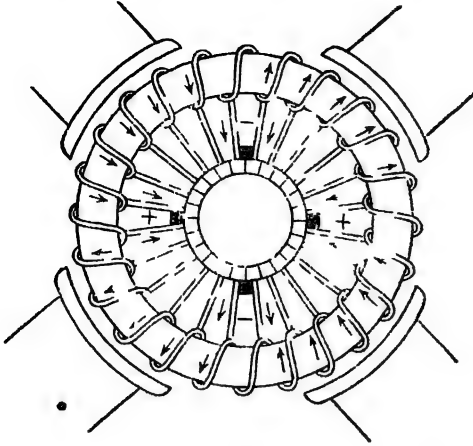
আমেচাবেব পধানতঃ দুই প্রকারের হয়—গ্রাম বিন্ আর্মেচার ও ড্রাম আর্মেচার। গ্রাম বিন্ আর্মেচারে একটি লোচাব বাল, যা “ব”-এর উপরে কয়েল জড়ানো থাকে। এই আর্মেচার ৩৩.৩৩ ড্রাম আর্মেচারের ৬২৭৭৭, কিন্তু ১০ মানে প্রায় সমস্ত মেশিনেই ড্রাম আর্মেচার ব্যবহৃত হয়।

(ক) গ্রাম বিন্ আর্মেচার (Gramme ring Armature)

ডি সি মেশিনে গ্রাম বিন্ মাদিক গ্রাম-বিন্ আর্মেচারেব ব্যবহারই প্রচলিত। একই ইচ্ছায় বর্তমান সময়ের মধ্যে দেওয়া হয়, এবং যে সম্পর্কিত উন্নত মানের ড্রাম আর্মেচার ব্যবহার করা হয়, এই আর্মেচারেব ব্যবহার বর্তমানে উঠিয়া যায়। গ্রাম বিন্ আর্মেচারেব গঠনপ্রণালী ও বৈদ্যুতিক সংযোগ, ড্রাম আর্মেচারের ন্যায়। আমেচার কোব পাঠানো নোহা চাহিদা দেওয়া এবং দেওয়া ঠিক এফখানি লোহা চাহিদা। এই চাকা স্পাইডারেব উপর বসানো থাকে, যা স্পাইডার (spider) দৃষ্টান্তে পাঠা থাকে আমেচারের উপর উপ। কনসলিডেশন তাব দিয়া কুণ্ডল আকারে আমেচার বসে। এবং সেখানে জড়ানো হয়, এবং এক বাজ হইতে অন্য পাঠ কয়েল জড়ানো আদিত করিবার সময় কন্সলিডেশনের সহিত সংযোগ করিবার জন্য একটি করিবা লুপ পাঠা থাকে। আমেচারের বর্তমান স্ট্রীজ ৩০ ও ৩০ কন্সলিডেশন-সেগমেন্ট থাকিলে লুপগুলি ৬০। কন্সলিডেশন-সেগমেন্টের সাহিত বালিই কাবতে হয়। কিন্তু ৩০ পাঠ ৩০ তাহা দ্বারা ৩০ কন্সলিডেশন-সেগমেন্ট থাকে, তবে পাত্যক থাকে দুইটি করিবা কন্সলিডেশন নিষম। তখন প্রথম কয়েনো লুপগুলি এক, তিন, পাঁচ—এক বকম এবং অন্য একটি সেগমেন্টের সহিত যোগ করিয়া দ্বিতীয় কয়েলের লুপগুলি দুই, চার, ছয়—এক বকম সেগমেন্টের সহিত যুক্ত করিতে হয়। ১২নং চিত্রে একটি গ্রাম-বিন্ ওয়াইণ্ডিং ও দুই পোলের মধ্যবর্তী অংশে আর্মেচারেব অবস্থান দেখানো হইয়াছে।

গ্রাম বিন্ ওয়াইণ্ডিংয়ের একটি বিশেষ স্ববিধা এই যে, একই ওয়াইণ্ডিং যে-কোন জোড় সংখ্যক পোলেব জন্য ব্যবহার করা চলিতে পারে, কিন্তু ইহাৰ অন্ত্রবিধা একাধিক। প্রথমতঃ, কয়েলের যে-অংশ বিন্য়ের ভিতরেব দিকে থাকে, তাহা চুষক

বলবেথা কতন কবিত্তে পাৰে না বলিয়া উহাতে কোন তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয় না। ইহাতে কয়েলের বৃহত্তর অংশ একেজো হইয়া পড়ে, আব প্রয়োজনীয় তড়িৎ চাপ উৎপন্ন করিবাব জন্য তখন পাকের সংখ্যা বৃদ্ধি কবিত্তে হয়। দ্বিতীয়তঃ, ছোট ছোট মেসিনে



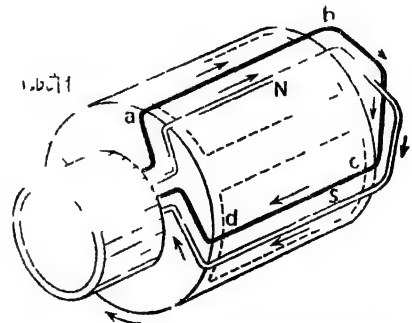
১৩ন চিত্র ড্রাম বি' প্লাজিও

অধিক সংখ্যক পাকের আকোশ অংশ আর্মেচার-বেবের ভিতর দিয়া ঘুরাইয়া আনিবাব মত পর্যাপ্ত জায়গা পাওয়া যায় না। তৃতীয়তঃ, এই প্রকার আর্মেচারে যে ধরনের কয়েল ব্যবহার করা হয় তাহা মেসিনের সাহায্যে তৈরী করা সম্ভব নহে, যেহেতু 'ড্রাইপ' কবিত্তে খবচ অপেক্ষাকৃত বেশী পড়ে।

এই সকল কারণে আর্মেচার 'ড্রাম বি' প্লাজিও বের ব্যবহার বার্তমান হওয়া গিয়াছে।

(খ) ড্রাম আর্মেচার (Drum Armature)

ড্রাম-বি' আর্মেচারের ক্ষেত্রে যে সকল অনবিবাব করা উপরে উল্লেখ করা হইয়াছে, তাহাদের দূর করিবাব প্রচেষ্টা হইতেছে এবং উন্নত মানের ড্রাম আর্মেচারের উদ্ভব হয়। এই প্রকার আর্মেচার দেখিতে একটি ড্রামের মত। উহাব উপরিভাগে থাকে বম্বো প্লাজিও এবং পরিবাহীসমূহ বনানো থাকে, আব এই সকল পরিবাহী পরস্পরের সহিত ও শার্টেচারের পিছন দিকে ও সামনের দিকে সংযোগ করা থাকে (কোন আর্মেচারের যেদিকে কমুটেচার লাগানো থাকে, সেই দিক উহাব সম্মুখভাগ আব তাহাব বিপরীত দিক উহাব পশ্চাদ্ভাগ)। ১৩ন চিত্রে এই দুই সংযোগ



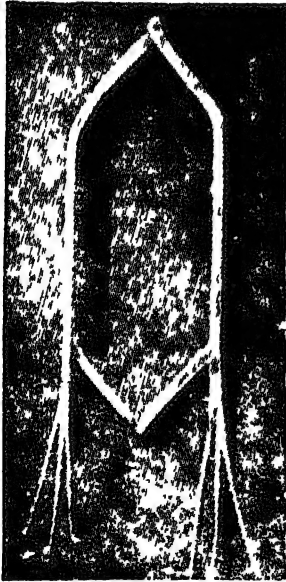
১৩ন চিত্র চার-পোলের একটি ড্রাম আর্মেচারে দুইটি কয়েলের অবস্থান দেখা হইয়াছে

যথাক্রমে bc ও ad-দ্বারা দেখানো হইয়াছে। সংযোগের এই অংশটুকু বাদ দিলে কয়েলের বাকী সমস্ত অংশই চম্বক বলরেখা কর্তন করে এবং তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করিতে সহায়ক হয়। স্ততরাং ড্রাম ওয়াইন্ডিংয়ে কয়েলের বৃহত্তর অংশই বিদ্যুৎ উৎপাদনেব কাজে সক্ষিয় থাকে। কিন্তু অল্পদিকে আবার লোহার খাঁজের গভীরে পরিবাহী বসানো থাকে বলিয়া উহাব নিজস্ব 'ইন্ডাক্ট্যান্স' (self-inductance) অপেক্ষাকৃত বেশী হয়, আর মেশিন চলিবার সময় সেই ইন্ডাক্ট্যান্স কম্যুটেশনের (commutation) কাজে ব্যাঘাত সৃষ্টি করে।

ডি. সি. মেশিনে দুই প্রকার ড্রাম ওয়াইন্ডিংয়ের ব্যবহার প্রচলিত আছে—ল্যাপ ওয়াইন্ডিং এবং ওয়েভ ওয়াইন্ডিং।

(১) ল্যাপ ওয়াইন্ডিং (Lap Winding)

উপরক্ত মাপের দরমাত্তে (form) তার জড়াইয়া প্রথমে কয়েল তৈরী করা হয়, পরে সেই কুণ্ডলি বা কয়েলের সাহায্যে ডি. সি. আর্মেচারে ওয়াইন্ডিং করা হইয়া

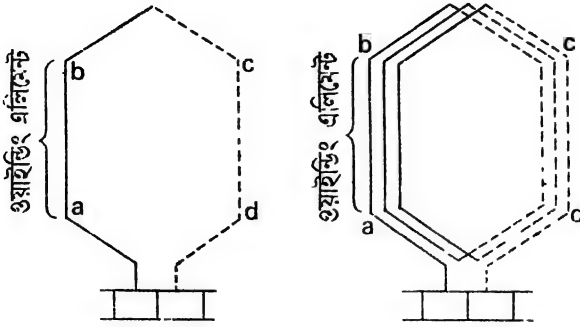


১৪নং চিত্র

থাকে। কয়েলগুলি হাতে জড়াইতে সময় লাগে, স্ততরাং তাহাতে খরচও বেশী পড়ে। সেইজন্য আজকাল এই কাজে নানাপ্রকার মেশিন যথেষ্ট পরিমাণে ব্যবহার করা হয়। মেশিনে জড়ানো হইয়া গেলে কয়েলের সবগুলি পাক একত্রে ইন্ডুগেন্সি' দিত। দিয়া মুড়িয়া দিতে হয়, শুধু দুই প্রান্ত খোলা রাখা থাকে যাহাতে এই দুই প্রান্ত পরে কম্যুটেটাব-সেগমেন্টের সাহিত বাসাই করা যাউতে পারে। ওয়াইন্ডিংয়ের পক্ষে প্রয়োজনীয় আকৃতি বিশিষ্ট না হইলে কোন কয়েলই ঠিকভাবে আর্মেচারের খাঁজে বসানো যায় না। তাই কয়েল জড়াইবার জন্য যেমন একটি মেশিনের প্রয়োজন, উহাকে ভাঙ্গ দিয়া উপযুক্ত আকৃতি-বিশিষ্ট করিতেও সেইরূপ আর একটি মেশিনের দরকার। তৈরী সম্পূর্ণ হওয়ার পরে একটি কয়েল দেখিতে যেরূপ হয়, তাহা ১৪নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

কোন কয়েলের একদিকে (side) তারের যতগুলি পাক থাকে তাহার একত্রে 'একটি পরিবাহী' (one conductor) বা 'একটি কয়েল সাইড' (one coil side) বা 'একটি ওয়াইন্ডিং এলিমেন্ট' (one winding element) গঠন করে। অতএব একই কয়েলের দুই দিক দুইটি পরিবাহী হিসাবে কাজ করে, আর সেই কারণেই একটি আর্মেচারে যতগুলি পরিবাহী থাকা প্রয়োজন, তাহার অর্ধেক সংখ্যক কয়েল

তৈরী করিতে হয়। ১নং চিত্রে দেখ একই কয়েলের একদিকের তিনটি পাক একত্র হইয়া একটি পরিবাহী (ab) ও অন্য়দিকের তিনটি পাক একত্র হইয়া আর একটি পরিবাহী (cd) গঠন করিয়াছে।



১নং চিত্র

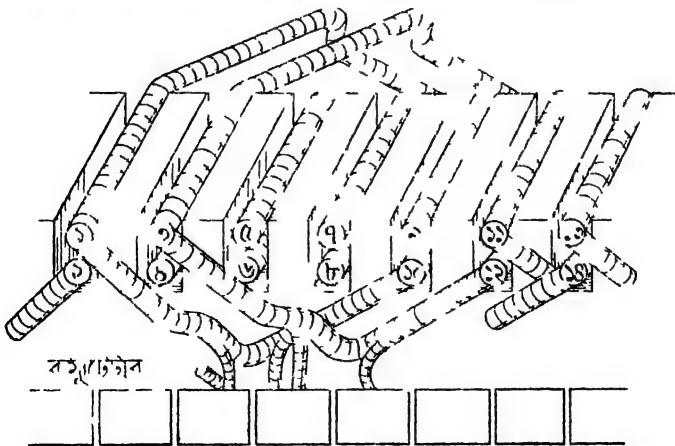
কুণ্ডলি বা কয়েল তৈরী করার সময় মনে রাখা প্রয়োজন যে, একই কয়েলের দুই পরিবাহীর মধ্যে দূরত্ব যেন এক পোল-পিচের সমান বা তাহার কাছাকাছি হয়। ইহাতে কয়েলের একটি পরিবাহী যদি উত্তর মেরুর নীচে অবস্থান করে, তবে অন্য় পরিবাহী অবশ্যই পার্শ্ববর্তী দক্ষিণ মেরুর নীচে অবস্থান করিবে; আর যেহেতু উভয় পরিবাহী একই দিকে ধোরে, একই সময়ে বিপরীত মেরুর অধীনে অবস্থান করার ফলে তাহাদের মধ্যে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ ও সেই সঙ্গে তড়িৎ-প্রবাহ বিপরীতমুখ্য হইবে। পরিবাহীতে তড়িৎ-প্রবাহ বিপরীতমুখ্য হইলে তবৎই কম্যুটেটারে উত্তর প্রবাহের যোগফলের সমান কারেন্ট পাওয়া যায়। কিন্তু যদি একই কয়েলের দুই পরিবাহী একই মেরুর অধীনে থাকে, তবে তাহাদের মধ্যে সবদা একই দিকে তড়িৎ-প্রবাহিত হইতে থাকিবে, আর সেক্ষেত্রে কম্যুটেটারের কারেন্ট উভয় প্রবাহের যোগফলের সমান হইবে। ইহাতে তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহে মোট পরিমাণ কমিয়া যাইবে, ফলে জেনারেটরও অপেক্ষাকৃত কম বৈদ্যুতিক শক্তি বাহিরের বসনে সরবরাহ করিবে।

একটি কয়েলের দুই পরিবাহীর মধ্যে দূরত্ব পূরা পোল-পিচের সমান না রাখিয়া যদি তাহার দুই অংশ রাখা যায়, তবে আর্মেচারের পিছন দিকে সংযোগ করিতে ভারের পরিমাণ অপেক্ষাকৃত কম লাগে, আর কম্যুটেশনের কাজেও ইহাতে কিছুটা স্তবিধা হয়। এইরূপ কয়েল দিয়া যে ওয়াইন্ডিং করা হয় তাহাকে “ফ্রাকশনাল-পিচ ওয়াইন্ডিং” (fractional-pitch winding) বা “পিচের ভগ্নাংশ-সম্বন্ধিত ওয়াইন্ডিং” বলে। কিন্তু এই ভগ্নাংশ আবার সূচ্য অংশ অপেক্ষা কম হইলে বিদ্যুতের পরিমাণ কমিয়া যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

আর্মেচারের প্রতি খাঁজে কেবলমাত্র একটি করিয়া পরিবাহী বসাইয়া যদি ওয়াইন্ডিং সম্পূর্ণ করা যায়, তবে তাহাকে “সিঙ্গেল-লেয়ার ওয়াইন্ডিং” (single-layer

winding) বা “একসর বিশিষ্ট ওয়াইন্ডিং” বলে। মাঝারি বা বড় মেনিনে এইকণ ওয়াইন্ডিং ব্যবহার করা বিশেষ অস্ববিধাজনক, কারণ এই সকল মেনিনে অধিক সঠিক পরিবাহী ব্যবহার করিতে হয় বলিয়া একটি থাঁজে কেবলমাত্র একটি পরিবাহী বসাতে গেলে প্রচুর সংখ্যক থাজেব প্রয়োজন হয়, বলে আমেচারেব বাস ও ফেই সঞ্জে মেনিনেব আকার বাড়িয়া যায়, আর মেনিনটি তৈরি করিতে খরচও বেশি পড়ে। নেইজন্তু মেনিন একটু বড় হলেই একটি থাঁজে একাধিক পরিবাহী পর পর পাড়াভাবে (vertical) বসাতো ওয়াইন্ডিং করা হইয়া থাকে। এই প্রকার ওয়াইন্ডিংকে ‘বহুসর বিশিষ্ট ওয়াইন্ডিং’ (multi-layer winding) বলে।

আমেচারেব এরই থাজে সাধারণত দুইটি বা ততোধিক পরিবাহী বসানো থাকে একটি পরিবাহী উপরেব দিকে এবং অপরটি নাচেব দিকে। যদি কোন কম্পেনেব একটি পরিবাহী কোন একটি থাঁজেব মধ্যে ন্যস্ত দিগে অবস্থান করে, তবে উহান এবং পরিবাহী গুলি কোন একটি থাঁজেব মধ্যে সবগুলি উল্লম্ব বা দিগে অবস্থান করিয়া। বাক্যে এইভাবে বসাইলে তবেই উদ্দেশ্য প্রাপ্তিগে খুব সহজে সমাপীকৃতভাবে কেবল পর এক থাঁজ হইতেই তৈরি আনিব কনস্ট্রাকশনে সংযোগ করা যায়। ১৬নং চিত্র লক্ষ্য করিতে ইহা ভালভাবে পরিচিত পাবে। এইভাবে নাচেব এবং হৃৎস্ত্রে উপরেব স্তর আবার উপরেব স্তর হইতে নাচেব স্তর সংযোগ করা যাইতে কঠোরগুলি আমেচারেব থাঁজে হৃৎস্ত্রে বসানো যায় সেহজ্ঞেব প্রত্যেক স্তরে তৎপরিবাহী পিছানব ও সামনেব সংযোগেব মধ্যস্থলে একটি বিশেষ ধরনেব মোচড় (twist) দেওয়া যাবে। ১৬নং চিত্রে আমেচারেব পঞ্চাশদিকে কয়েকটি মোচড় চিহ্ন দেখানো হইয়াছে।



একটি হৃৎস্তর বিশিষ্ট ন্যস্ত থাঁজ এবং পঞ্চাশদিকে চ=৩ ও সম্মুখব পিচ=৩

১৬নং চিত্র

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, ড্রাম আমেচারেব জড়াইবার সময় কোন কয়েলেব একদিক যখন চুম্বক-ক্ষেত্রেব উত্তর মেরুব নাচ দিয়া যায়, তাহাব অন্য দিক তখন পাশেব দক্ষিণ মেরুব

নোট দিয়া ঘুরিয়া আসে। এই দুইটি তার লইয়া একটি একপাক-ওয়াল আর্মেচার-কয়েল হয়। * একটি কয়েলে এক হইতে শুরু করিয়া পাক যত ইচ্ছা থাকিতে পারে। কোন কোন আর্মেচারে এন এক খাঁজে প্রায় ১৬০ হইতে আরম্ভ করিয়া ৪০০ পর্যন্ত পাকের কয়েল থাকে, তবে আর্মেচার ছোট হইলে পাকের সংখ্যা অপেক্ষাকৃত কম হয়। আবার বড় বড় মেশিনের কয়েলে মাত্র এক পাকও থাকে। একটি সাধারণ ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ে প্রথম কয়েলের শেষ ও দ্বিতীয় কয়েলের গোড়া একসঙ্গে জোড়া করিয়া একটি কন্ডাক্টর-সেগ্মেন্টে ঝালাই করা হয়। মনে কর ইহা এক নম্বর সেগ্মেন্ট। সেইকপ, দ্বিতীয় কয়েলের শেষ ও তৃতীয় কয়েলের গোড়া একত্রে পাশের দুই নম্বর সেগ্মেন্টে ঝালাই করিতে হয়, আবার তৃতীয় কয়েলের শেষ ও চতুর্থ কয়েলের গোড়া তিন নম্বর সেগ্মেন্টে ঝালাই করিতে হয়,—এইভাবেই আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিং অগমর হইতে থাকে।

আর্মেচারের পশ্চাদিকে কোন কয়েলেব এক পরিবাহী হইতে উহার অল্প পরিবাহী অত্যাধিক যতগুলি পরিবাহীকে আশ্রয় করিয়া অগমর থাকে, তাহাদের সংখ্যাকে আর্মেচারের “ব্যাক পিচ” (back pitch) বা পশ্চাতের পিচ বলে। ব্যাক পিচ সাধারণতঃ $1\frac{1}{2}$ -দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। উদাহরণস্বরূপ, মনে কর উত্তম মেকের নীচে অবস্থিত কোন কয়েলেব প্রথম পরিবাহী ১ন কন্ডাক্টর আর দক্ষিণ মেকের নীচে অবস্থিত উহার ১০তম পরিবাহী ৮ন কন্ডাক্টর। সেক্ষেত্রে ওয়াইণ্ডিংয়ের পশ্চাতের পিচ

$$11 - 8 = 3$$

হইবে। ১৩ন চিত্র লক্ষ্য করিলে বসিতে পারিবে যে, আর্মেচারে এই পশ্চাতের পিচ বা ব্যাক পিচ কয়েলের ৮ন অংশের পূর্বের উপর নির্ভরশীল। সেক্ষেত্রে, আর্মেচারের সম্মুখদিকে কোন একটি পরিবাহীর প্রান্ত অত্যাধিক যতগুলি পরিবাহীকে অতিক্রম করিয়া আর একটি পরিবাহীর প্রান্তের সহিত কন্ডাক্টর আর আসিয়া যুক্ত হয়, তাহাদের সংখ্যাকে “ফ্রন্ট পিচ” (front pitch) বা সম্মুখের পিচ বলে। এই পিচ সাধারণতঃ $1\frac{1}{2}$ -দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। মনে কর, উপরি-উক্ত ৮ন কন্ডাক্টরের প্রান্ত আর্মেচারের সামনের দিকে ৩ন কন্ডাক্টরের প্রান্তের সহিত যুক্ত হইবে, কন্ডাক্টর-সেগ্মেন্টের উপর যুক্ত হইবে। সেক্ষেত্রে ওয়াইণ্ডিংয়ের সম্মুখের পিচ

$$11 - 8 = 3$$

হইবে। ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ে পশ্চাতের পিচকে সম্মুখের পিচ অপেক্ষা বড় অথবা ছোট করিতে পারা যায়, কিন্তু উভয়কে কখনই সমান করা চলে না। $1\frac{1}{2}$ -কে $1\frac{1}{2}$ -এর সমান করিলে একই কয়েলের দুই প্রান্ত কন্ডাক্টরের একই সেগ্মেন্টে আসিয়া যুক্ত হইবে। তখন কয়েলটি ‘স্ট-সার্কিট’ (short-circuit) হইয়া অতিশয় গরম হইয়া উঠিবে এবং বাহিরের বর্তনীতে কোন কারেন্ট পাঠাইতে পারিবে না। যে ওয়াইণ্ডিংয়ে সম্মুখের পিচ অপেক্ষা পশ্চাতের পিচ বড় হয়, তাহাকে “প্রোগ্রেসিভ, ওয়াইণ্ডিং”

(progressive winding) বলে। কম্বাটেটার-প্রান্ত হইতে এই ওয়াইণ্ডিংকে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, কয়েলগুলি পর পর ক্রমশঃ দক্ষিণাবর্তে অগ্রসর হইয়া ওয়াইণ্ডিং সম্পূর্ণ করিয়াছে। আর যে ওয়াইণ্ডিংয়ে সম্মুখের পিচ অপেক্ষা পশ্চাতের পিচ ছোট হয়, তাহাকে “রেট্রোগ্রেসিভ ওয়াইণ্ডিং” (retrogressive winding) বলে। কম্বাটেটার-প্রান্ত হইতে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, কয়েলগুলি এক্ষেত্রে পর পর ক্রমশঃ বামাবর্তে অগ্রসর হইয়া ওয়াইণ্ডিং সম্পূর্ণ করিয়াছে।

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, একই খাঁজে সাধারণতঃ দুইটি করিয়া পরিবাহী খাড়া-ভাগ বসানো থাকে—একটি উপরের দিকে এবং অণ্যটি নীচের দিকে। উপরের পরিবাহী সাধারণতঃ বিজোড় সংখ্যার দ্বারা আর নীচের পরিবাহী জোড় সংখ্যার দ্বারা চিহ্নিত করা থাকে। এখন, একই কয়েলের একটি পরিবাহীকে যদি কোন খাঁজের মধ্যে উপরের দিকে এবং অপর পরিবাহীকে অণ্য কোন খাঁজের মধ্যে নীচের দিকে রাখিতে হয়, তবে v_b আর v_f উভয়ই বিজোড় সংখ্যা হইবে। v_b আর v_f জোড় সংখ্যা হইলে কয়েলের দুই দিকই খাঁজের মধ্যে হয় নীচের দিকে অথবা উপরের দিকে বসিবে, একটিকে নীচের দিকে অণ্য অণ্যটিকে উপরের দিকে বসানো তখন কোন প্রকারেই সম্ভব হইবে না।

যেহেতু ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ে পশ্চাতের পিচ কখনই সম্মুখের পিচের সমান হইতে পারে না, আর উভয়ের সংখ্যা যেহেতু বিজোড় হওয়া দরকার, অতএব উভয় পিচের মধ্যে পার্থক্যের ক্ষুদ্রতম সংখ্যা হইবে ২, অর্থাৎ

$$v_b = v_f \pm 2$$

ওয়াইণ্ডিং প্রোগ্রেসিভ হইলে যোগ চিহ্ন, আর রেট্রোগ্রেসিভ হইলে বিয়োগ চিহ্ন ব্যবহার করিতে হইবে।

v_b আর v_f -এর গড়কে ওয়াইণ্ডিংয়ের গড়-পড়তা পিচ বলে। অতএব ওয়াইণ্ডিংয়ের গড়-পড়তা পিচ

$$v = \frac{v_b + v_f}{2}$$

যেহেতু একই কয়েলের দুই পরিবাহী পাশাপাশি অবস্থিত দুইটি বিপরীত মেরুর অধীনে অবস্থান করে, অতএব ওয়াইণ্ডিংয়ের গড়-পড়তা পিচ একটি মেরুর অধীনে যে-কয়টি পরিবাহী থাকে তাহাদের সংখ্যার প্রায় সমান হয়।

ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং পর্যালোচনা করিলে দেখা যাইবে যে, প্রতিটি কয়েলের জন্য একটি করিয়া কম্বাটেটার-সেগ্মেন্ট প্রয়োজন। স্বতরাং কম্বাটেটার-সেগ্মেন্টের সংখ্যা

$$N_c = N = \frac{Z}{2}$$

ইহা, এখানে N-দ্বাৰা মোট কয়েলৰ সংখ্যা, আৰু Z-দ্বাৰা মোট পৰিবাহীৰ সংখ্যা বৰ্ণনা কৰা হৈছে।

উপরে এতক্ষণ গুয়াইগুংস্বব বিষয়ে যে-সমস্ত আলোচনা করা হইল, তাহা হইতে এই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, যে কোন ল্যাপ গুয়াইগুংকেই নিম্নলিখিত তিনটি মৌলিক শব্দ মানিয়া চলিতে হইবে :

১নং নকশা - প্রতিটি স্কেলের দুই দিকের মধ্যবর্তী অংশে এমন তিনটি বাহ্যিক একই কক্ষের দুই প্রান্তের পারস্পরিক সংস্পর্শে দুই বিপরীত মেগন্থন গাঠনিক কক্ষ (The pitch must be such that the opposite sides of a coil are under adjacent unlike poles,)

২নং ৭.০—প্রসিদ্ধি প্রাপ্ত ৭.০টি [বিবরণ ৩.২.১] গণসংগ্রহ কবাব এবং কবলমাত্র
কবাব কবলসংগ্রহ ২৩৭। The wording must include each
element on a single line, once only.

৩নং শাখা — দাঁড়িও। বানি হঠাৎ যাপ মেরে, অবশ্যই সেখানে জামিষা শেষ
হইবে, যাই হোক। এখানে মনোজব মনো ২২ বাকিবে (The
wind must be content or must close on itself)।

এমন কোন একটি গায়ে চাপের গীত, ক্যামেরা-সেশনের গ্রাফ পোল গণনা
কবিতা কাগজে উঠার জ্যাপ গুহার গুণের হিসাব টিক বঁধতে পাবা যায়, তাহা নিয়ে
একটি চাহবনের মতো বাক্যের গুন।

উদা. ৭১১। ৭ টিখামায় ৪টি পোল, একহালি ল্যাপ ওয়াইডিং ও ২৪টি
বাক্স খসে। এই ৩৫টি বাব পাচ নম্বর কাগজ সংযোগেব একটি তালিকা প্রস্তুত কর,
এবং ৭৫টি পরিদর্শন ১২৭ অক্ষন ক্রিয়ায় তাহাতেও কয়েলেন সংযোগ পোল, কম্বাট্টোর ও
ডাশের অবস্থান এও প্রস্তুতি পরিদর্শনহাতে ৩২-প্রকারের অভিন্নত্ব স্পষ্ট কবিয়া
দেখা।

একহাল গোলার্ধে ২৪ ঘণ্টা ০৩,৫৫ মিনিট কবিয়া পৰিব্রাণী আছে। অতএব
আমোদ্য পৰিব্রাণ মোট সংখ্যা ২৭, ০৮ কক্ষাল ও কক্ষাটোরা সেরে মেটের মোট
সংখ্যা ১২ হইবে। মোট ১২ জন পণ্ডিত।

$$= \frac{\text{পানবাহী ম'থা}}{\text{প্রোটন ম'থা}} - \frac{Z}{P} = \frac{26}{9} = 2.8$$

স্বত্ববাণী ওয়াইণ্ডি প্রোগ্রামেই হইলে $1_0 = 9 \text{ ও } 1_1 = 5$, আব ওয়াইণ্ডি বেট্রো-
গ্রেসিড হইলে $1_0 = 5 \text{ ও } 1_1 = 9$ ধরিয়া হইবে। মনে কব, বর্তমান ক্ষেত্রে ওয়াইণ্ডিগুটি
প্রোগ্রেসিভ। এই অবস্থায় সংযোগের তালিকা কিরূপ হইবে তাহা নিম্নে দেখানো
হইল।

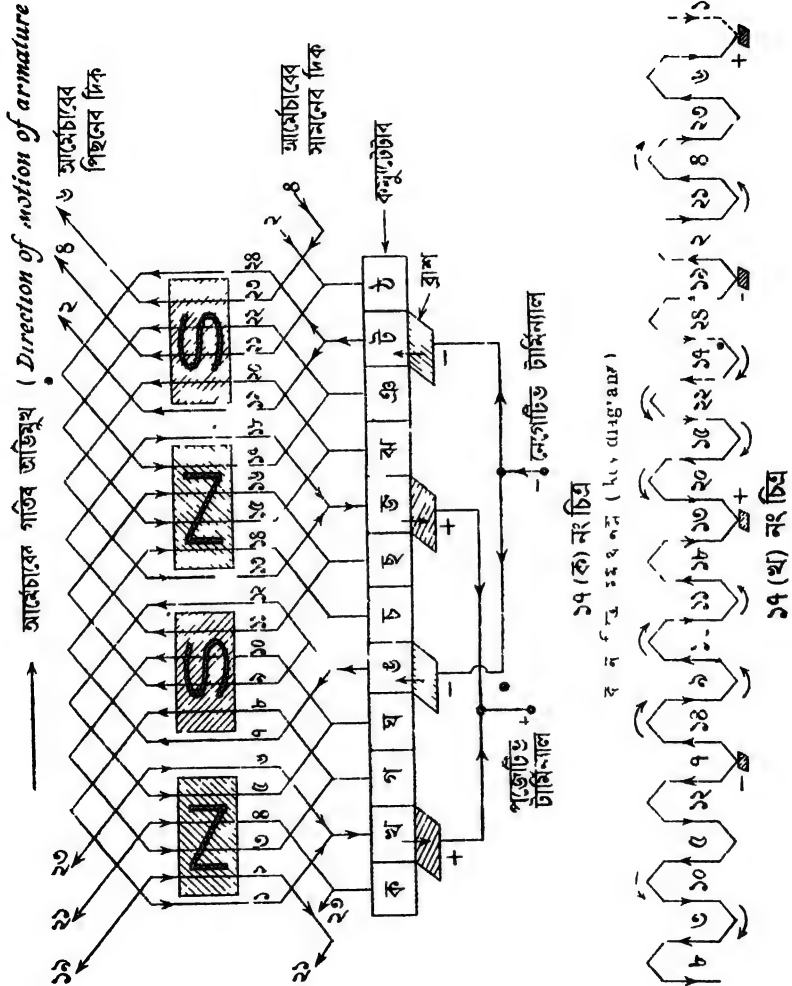
সংযোগের তালিকা (Winding Table)

আর্মেচারের পশ্চাদ্ধিক আর্মেচারের পশ্চাত্তব পিচ	আর্মেচারের সম্মুখের দিকে আর্মেচারের সম্মুখের পিচ
$p_1 = 1$	$p_1 = 5$
১—৮	৮—৩
৩—১০	১০—৫
৫—১২	১২—১
৭—১৪	১৪—২
৯—১৬	১৬—১১
১১—১৮	১৮—১৩
১৩—২০	২০—১৫
১৫—২২	২২—১৭
১৭—২৪	২৪—১৯
১৯—২	২—২১
২১—৪	৪—২৩
২৩—৬	৬—১

একথানা ধাতু চাদরকে গোল করিয়া পাকাইলে একটি ফাঁপা চোঙ (hollow cylinder) হয়। তেমনি, যদি কোন ফাঁপা চোঙকে লম্বালম্বিভাবে চিরিয়া ডমির উপর পাতিয়া দেওয়া যায়, তবে তাহা একটি “চাদর”—এবং আকার ধারণ করে, আর সেই চাদরকে ড্রয়িংয়ের ভাষায় “ডেভেলপমেন্ট” (development) বলে। উপরি উক্ত আর্মেচারকে ওয়াইন্ডিং লম্বালম্বিভাবে চিরিয়া ছড়াইয়া দিলে তাহা যেকপ দেখাইবে, ১৭ (ক) নং চিত্রে তাহাই দেখানো হইয়াছে। এই চিত্রে আর্মেচারের পাঁজগুলি : হইতে ২৪ পর্যন্ত লাইনেব আকাবে পাশে পাশে সাজানো অবস্থায় দেখা যাইতেছে, আর ফাউ-পোল চারিটি আর্মেচারের তলায় আছে। মনে কর, প্রথম পোলটি চুম্বকের উত্তর মেরু, দ্বিতীয়টি দক্ষিণ মেরু, তৃতীয়টি আবার উত্তর মেরু—এইভাবে পোলগুলি সাজানো আছে। এই পোলগুলি কতটা চওড়া হইবে, তাহা একটা হিসাব অনুসারে নির্ধারিত হয়। মোটামুটিভাবে আর্মেচারের শতকরা ৭০ ভাগ জায়গা সবগুলি পোল একত্রে জুড়িয়া থাকে, বাকী ৩০ ভাগ জায়গা পাশাপাশি অবস্থিত পোলগুলির মধ্যে ফাঁক হিসাবে থাকে। মেনিনে চারিটি পোল আছে, আর সমস্ত পরিমিতে ২৪টি খাঁজ আছে। স্তব্ধতা প্রতি পোলের উপরে থাকিবে

$$0.9 \times \frac{28}{8} = 8.2 \text{ টি খাঁজ।}$$

এই প্রকার চিত্রে পশ্চাতের পিচের সংযোগ খাজের উপরে, আব সম্মুখের পিচের সংযোগ খাজের নীচের দিকে থাক। তাহাবও নীচে ক, খ প্রভৃতি দ্বাৰা চিহ্নিত কম্যুটেটোরের ১২টি স্কেমেন্ট একটি ফালিব আকাৰে দেখানো হইয়াছে।



মেশিনে তৈরী কয়েলের সাহায্যে যদি আর্মেচারেব এনাইণ্ডিং কবিতো হয়, তবে সম্মুখের তালিকার পশ্চাতের পিচ অনুসারে কয়েলগুলি খাজেব ভিতর বসাইতে হইবে, অর্থাৎ প্রথম কয়েলটির এক দিক ১ন° খাজে আব অন্য দিক ৮ন° খাজে, দ্বিতীয় কয়েলটির এক দিক ৩ন° খাজে আব অন্য দিক ১০ন° খাজে—এইভাবে কয়েলগুলি বসিবে।

কয়েল বসানো শেষ হইলে সম্মুখের পিচ অন্তরালে দুইটি দুইটি কবিশা পরিবাহাব প্রান্ত এক-একটি কম্বোটেটব মেগমেটেব উপর ঝালতি কবিত্তে হইবে, অর্থাৎ ১নং পরিবাহীর প্রান্তকে ৩নং পরিবাহীর প্রান্তের স্পর্শিত একর কবিশ। কম্বোটেটবের ‘খ’ মেগমেটেব উপর ঝালতি কবিত্ত হইবে, ৩নং পরিবাহীর প্রান্তকে ৮নং পরিবাহীর প্রান্তের স্পর্শিত কবিশ। ৬নং মেগমেটেব উপর বাহ্যিক কবিশ। ইহাবে—এইভাবে যোগ্যচারের দ্বারা গুণ সম্পন্ন হয়। কিন্তু আর্যেটার ছোট হইলে সম্ভবিত (insulated) তামার বা আলুমিনিয়ামের কোন খাঁজের ভিত্তর নির্দিষ্ট সংখ্যক পাকে জড়ায়, প্রত্যেকবার ঘড়ানে শেষ হওয়ার পরে একটি কবিশ লম্বা রাখি। দেওয়া হয় যাতে করে লুপ পবে কম্বোটেটব মেগমেটেব উপর লাগিত না থাকে।

পরীক্ষাগারে এই পদ্ধতি নথ্য সংগ্রহ করিয়া হইবে

তালিষ এবটা প্রাপ্ত এন খাতিৰ সম্ভৱে দল এণ্ড তালিষ এ জৰ ভিতৰে
 পাৰ্শ্বাদেৱদা হতাৰাৰ এ. চাৰিৰ পছন্দ দিক দিয়া এন হতাৰ এন লইয়া
 যোগ্য হৈ। তালিষ এণ্ড এ চন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন
 চন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন
 যখন শেষে পালিষ এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন
 হৈ। তালিষ এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন
 সম্ভাৱ্য তালিষ এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন
 যতিতে হৈ। যাক সম্ভাৱ্য এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন
 এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন
 পাৰ্শ্বাদেৱদা এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন এচন

এছাড়াও পশ্চিম বঙ্গের ৫ নং জিলায় ২০০০ জন পুরুষ ও ২০০০ জন মহিলাকে
আর্মেচারেব সম্মুখদিকে ১০০০ ফুট দূরত্ব বজায় রেখে, তালিকাখানেকের ১০০০ জন হইতে
১০০০ খাণ্ডের ৩০০০ দিগা আনিয়া ১০০০ খাণ্ডের ৩০০০ মনো ১০০০ জন মনো
মত পযোজন যত পাক ১০০০ জন হইয়া। এছাড়া পূর্ব তালিকাখানেকের ১০০০ জন
সম্মুখদিকে ১০০০ ফুট হইতে ১০০০ জন ১০০০ জন সময় ১০০০ জন ১০০০ জন
কবিবাব ভক্ত প্রথমে একটি লুপ্ট পাক ১০০০ জন ১০০০ জন ১০০০ জন ১০০০ জন
এবং সেই সঙ্গে বিজয় কয়েল ১০০০ জন ১০০০ জন ১০০০ জন ১০০০ জন
কয়েল গুলি জড়াইয়া, লুপ্ট পাক ১০০০ জন ১০০০ জন ১০০০ জন ১০০০ জন
আব সনশেষ কয়েল ১০০০ জন ১০০০ জন ১০০০ জন ১০০০ জন
হইতে সম্মুখদিকে আনিয়া ১০০০ খাণ্ডের সবপ্রথম কয়েল ১০০০ খাণ্ডি সম্মুখদিকে
দিকে বাহিব করা ছিল, তাহাব সহিত একত্রে ইনগলেশন ১০০০ জন ছাড়াইয়া
খ-সেগমেন্টের উপরে বালি কব হইল। ক-সেগমেন্ট অবগু ই উপরেই ১০০০ জন
২০০০ খাণ্ডে যে কয়েল জড়ানো হইয়াছে, তাহাব লুপ্ট পাক সহিত কালি হইয়া গিয়াছে।
এইবার আর্মেচারেব ওয়াইডিং সম্পূর্ণ হইল।

এখন মনে কর আমেচাটি ঘুরিতেছে, আর কোন এক সময়ে আমেচাবের খাঁজ আব পোলগুলির অবস্থান ১৭ (ক) নং চিত্রে যেকপ দেখানো হইয়াছে, সেই ভাবে আছে। পূর্বস্থ অবস্থায় যে যে কয়েল পোলএ সম্মুখে থাকে, তাহাতেই ভোটের আবিষ্টি হয়। সেই কারণে ১, ৬, ৭, ১২, ১৮, ১৯ ও ২৭ নং ছাড়া গম্মাণ্য সকল পরিবাহী কোন না কোন পোলএ সম্মুখে থাকে। সেই সকল পরিবাহীতে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হইতেছে আর বাহিরের বহননী সম্মুখে থাকার ফলে সব কয়টি কয়েল 'দুয়াই তড়িৎ প্রবাহ'তে হইতেছে। এখনে একটি কথা মনে রাখা প্রয়োজন যে, তড়িৎ চাপ হইতেই তড়িৎ-প্রবাহের উৎপত্তি বলিয়া কোন পানবাহীতে তড়িৎ চাপ আর তড়িৎ-প্রবাহের অভিন্নতা একই দিকে হইয়া গিয়াছে। সুতরাং শাব্দ তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহের অভিন্নতা কোন পরিবাহীতে কোন দিকে আছে, যেমি-এব দক্ষিণ ও পশ্চিম পদাঙ্গাৎ কবিলাই হইয়া থাকিবে। পানি যায। চাক্র দেখানো হইয়াছে যে, আমেচাবের ওয়াস নিশ্চল (Stationary) পোলগুলি অস্থিত আছে আর তাহাদের উপর দিয়া আমেচাব দক্ষিণাবর্তে ঘুরিতেছে (চক্রে এই অভিন্নতা না দিক হইবে। ডান দিকে দেখানো হইয়াছে)। যাহেত, তাহাদের সমাবেশের মধ্যে ১৭ গাজ অবস্থিত নহে, উহা কোন চাক্র বেগে চক্রে ঘুরিতে পারিবে না। অতএব এই গাজকে বাদ দিয়া ২৭ গাজের উপর যেমি-এব পশ্চিম পদাঙ্গাৎ বদ। ২৭ গাজ উত্তর মেরুর উপরে গণ্য হইবে, আর ১৭ গাজের উপরে চাক্র বেগে ঘুরিবে। সুতরাং এক্ষত্রে মনে করিবে হইবে যে, উত্তর মেরু হইবে চাক্র-বেগে। উৎপন্ন হইয়া বাহ্যের দিকে হইতে কাগজ ভেদ করিয়া উপর উঠিবে। অতএব ডান হাতে তড়িৎকে উপরে দিবে প্রসারিত করিতে হইবে। আবার আমেচাব বাঁ দিক হইতে ডান দিকে হইতে ঘুরিয়া বড়ো আঙ্গুলকে প্রকারে বক্রিত হইবে। নজর পান বাহ্যের দিকে। ১৭ গাজের মাঝের গাজের কাগজের দিকে পানি পাকিবে। হই হইতে দেখা যাইবে যে, ২৭ গাজে যতগুলি পরিবাহী থাকে তাহাদের মধ্যে আবিষ্টি তড়িৎ-চাপের অভিন্নতা আমেচাবের ডান দিকে হইতে সম্মুখে দিকে গম্মাণ্য পান-চাপের দিকে বহিয়াছে। এই ভাবে ১৭ গাজের সম্মুখে ১৭ গাজ আছে আর উহাদের উপরে ১৭ কয়েল আছে, তাহাদের প্রত্যেকটির পরিবাহীতে এক অভিন্নতা তড়িৎ চাপ ও তড়িৎ প্রবাহ উৎপন্ন হইবে। ১৮, ১৯ গাজের বহননী সাহায্যে ১৭ গাজের পরিবাহীতে দেখানো হইয়াছে।

একটি উপায়ে লক্ষ্য মেরুর সম্মুখে সমস্ত গাজ আছে তাহাদের মধ্যে অবস্থিত কয়েলগুলির পরিবাহীতে আবিষ্টি তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহের অভিন্নতা নিম্ন কবিত্তে হইবে। তবে চক্রে-বেগে উত্তর মেরু হইতে বাহির হইয়া দক্ষিণ মেরুতে দিবিয়া যায় বলিয়া এক্ষত্রে ডান হাতে তড়িৎকে বাঁ দিকে প্রসারিত করিতে হইবে। এখন মনে রাখা প্রসারিত হইলে দিকে লক্ষ্য কবিলেই বুঝা যাইবে যে, এই সকল পরিবাহীতে আবিষ্টি তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহের অভিন্নতা ঠিক বিপরীত দিকে

দেখাচ্ছে, অর্থাৎ আর্মেচাবেব সম্মুখ হইতে পিছনের দিকে বহিষ্কাছ। এই প্রভুগুণও প্রবেশ ফলাব সাহায্য। ১৭(২)নং দেখানো হইয়াছে।

এইবার ব্রাশগুলিকে উত্পাদন নির্দিষ্ট জায়গায় বসাইতে হইবে। যদি ব্রাশ ঠিক জায়গায় বসানো না হয়, তবে কম্যুটেটার আশ্রয় দেখা দেয় এবং জেনারেটর কম ভোল্টেজ উৎপাদন করে। ল্যাপ ওনার্টিগুয়ে যতগুলি পোল ব্রাশও ততগুলি থাকে, কারণ এই ওনার্টিগুয়ে পোলের সমান সংখ্যক প্যাব্যালেল-সার্কিট সৃষ্ট হয়। ব্রাশগুলি কম্যুটেটারের উপরে এমনভাবে বসাইতে হয় সাহায্যে পাশাপাশি অবস্থিত যে কোন দুইটি ব্রাশের মধ্যবর্তী কম্যুটেটার সেগমেন্টেব সংখ্যা সবত্রেই সমান থাকে। কিভাবে এই কাজ কর হয়, তাহা ১৭(৩)নং চিত্রের সাহায্যে বুঝানো হইল :

১৭(ক)নং চিত্রের মত ২৭টি গ্যার্ডব লম্বা ২৫টি খাড়া খাড়া লাইন টান [১৭(খ)নং চিত্র]। যে সম্মুখের ব্রাশের কাছাকাছি আর্মেচাবেব পাব জড়ানো হইয়াছে, তাহাতে পব পব যেভাবে পবিবাহী আছে, সেই লাইনগুলিও পাড়ও সেখান কম অন্তরাবে নম্ব দাও, অর্থাৎ ১-এব পবে ৮, ৮-এব পবে ৭থাগমে ৩, ৩-এ, ৫, ইত্যাদি। আর ঐ ঐ নম্ববেব লাইনে যে দিকের ১৩-গে ১২৭০ বলা (11000 head) বসানো আছে, তাহাও বসাও। এখন, যেহেতু ১৭(ক)নং চিত্র ১নং পবিবাহীর সহিত আর্মেচাবেব পিছন দিক দিয়া ৮নং পবিবাহীর সংযোগ আছে, ১-এ ১নং পবে চিত্রেও তেমনি উপবেব দিকে ১নং এব সাহত ৮নং বোণ ববি দাও। সেইকপ, নাচেল দিবে ৮নং এব ৮ হত ১নং ২-এ ১নং, আর তেইভাবে বাকীসকলটি সম্পন্ন কর।

এইবার ১৭(খ)নং চিত্রটির পান দিক ১৩০° পবীক্ষণ করা দেখ। ১৩নং পবিবাহী দিয়া ৮ দিবে ১৩০° পবিবাহিত হইতেছে, তাহা উহাব আগেব ৪নং পবিবাহী দিয়া প্রবাহিত তাড়িতের অস্তিত্বের বিপোষক, অর্থাৎ এই দুই পবিবাহী দিয়া তাড়িত প্রবাহিত হইবে কোন বাধা পাব না। এইভাবে যদি কমঃ না দিকে গণন্যব হওয়া যায়, তবে দেখা যাইবে যে ২০°, ৫, ২১ ও ২২—এই চারিটি পবিবাহী দিয়া ১৩০° একই দিকে, অর্থাৎ ১৩০° দিক হইতে পান দিকে প্রবাহিত হইতেছে। ২নং এব ৩নং পবে ১২নং পবিবাহীতে কোন তাড়িত চাপ আবিষ্ট না হওয়ায় উহাব ভিতর দিয়া ১৩০° পান দিকে ১৩০° প্রবাহিত হইতে পারে। এই পবিবাহীক ছাড়াই যদি ১৩০° পবিবাহীতে গাসা যায়, তবে দেখা যাইবে যে ইহাতেও কোন তাড়িত-চাপ নাই। কিন্তু ১৬নং পবিবাহীর আগে পব ১৭ চারিটি পবিবাহীতে তাড়িত আবার বিপবীত দিকে, অর্থাৎ ডান দিক হইতে বা দিকে প্রবাহিত হইতেছে। সুতরাং আর্মেচাবেব এই দুই বিপবীত দিকে তাড়িত প্রবাহিত হইতে গেলে, মাঝখানে কোন ১৭ জায়গায় বাহির হইতে তাড়িত প্রবেশের ব্যবস্থা না করিলে মেনিন চলিতে পাবে না। সেইজন্য ১৬নং আর ১২নং পবিবাহী সম্মুখের দিকে যেখানে সংযুক্ত করা আছে, সেই বিন্দুতে বাহির হইতে আর্মেচাবেব তাড়িত প্রবেশের বন্দোবস্ত করিতে হইবে, অর্থাৎ ঐ লুপ কম্যুটেটারের যে সেগমেন্টের সহিত ঝালাই করা আছে, সেই সেগমেন্টের উপর একটি ব্রাশ বসিবে এবং সেইটি একটি নেগেটিভ ব্রাশ হইবে।

১৭(ক)ন° চিত্র হতে হাও দেখা যাচ্ছে যে, প্রত্যেক রাশই পোলের ঠিক মানামানি জায়গায় সজ্জাধা রয়েছে। বাৎ বসন্তদাব হাও, ঠিক জায়গা। এই বাশগুলি এতটা মোটা হ'ল প্রযোজন গাহাতে উহা ও হুতঃ একটি কম্যুটেব-সেমিট ৭ তাহাব পার্শ্ববর্তী শাস্ত্রব গ্ৰন্থবণ এই উভায়ব সমান চণ্ডা হয়, অর্থাৎ বাৎ যেন সকল সময়েই পার্শ্বপাশি অবস্থিত দুইটি সেং মেণ্টে ঠেকিয়া থাকে।

এখন, দুইটি পজিটিভ ব্রাশকে সংযুক্ত করিয়া যে লাইনটি মেশিনের বাহিরে আনা হইবে তাহাই জেনারেটরের পজিটিভ ব্রাশ, আর দুইটি নেগেটিভ ব্রাশকে সংযুক্ত করিয়া যে লাইনটি বাহিরে আনা হইবে তাহাই জেনারেটরের নেগেটিভ ব্রাশ (terminal) বলিয়া নির্বাচিত হইবে।

(১০) বহু পরিবাহী সমন্বিত কয়েল (Multiple Coils)

বড় বড় মেশিনের এক-একটি খাঁজে প্রায়ই অনেকগুলি করিয়া পরিবাহী থাকে। পরিবাহীর সংখ্যা চার, ছয় কিংবা আট পর্যন্ত হয়। তবে আটের বেশি পরিবাহী একত্রে খাঁজে কনাকিং ব্যবহার করিতে দেখা যায়। যে-সকল কারণে একটি খাঁজে একাধিক সংখ্যক পরিবাহী বসানো প্রয়োজন হয়, তাহাদের নিয়ে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল।

একটি ডি. সি. জেনারেটরে কম্যুটেটর সেগ্মেন্টের সংখ্যা খুব বড় হয়; বাঙ্কনীয়ে নহে। সেগ্মেন্টের সংখ্যা কম হইলে প্রতি সেগ্মেন্টে হিউজ চাপের পরিমাণ অধিক হয়, অর্থাৎ তড়িৎ-চাপ উৎপাদনের কাছাকাছি মান অপেক্ষা বেশী হইলে সমগ্র কম্যুটেটরের উপরিভাগ ঘণিবলয়ের (flash over) দ্বারা আবৃত হওয়ার আশঙ্কা দেখা দেয়। সেইজন্য আর্মেচারের প্রতিটি প্যাভোলেট-রাডায় যতটা তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হওয়া বলা, এহার পরিমাণ বিবেচনা করিয়াই সেগ্মেন্টের সংখ্যা নির্ধারণ করা উচিত। তাহা ছাড়া আরোচায়ে যে তড়িৎ-চাপ আবেগ হয়, তাহা পরিবর্তী বিদ্যুৎ প্রবাহ। কম্যুটেটর আর ব্রাশের সাহায্যেই তাহাকে অন্তর্বর্তী বিদ্যুৎ প্রবাহরূপে বাহিরের বতনীতে সরবরাহ করা হয়। কিন্তু যদি সেগ্মেন্টের সংখ্যা খুব কম থাকে, তবে এই পরিবর্তী বিদ্যুৎ প্রবাহ জেনারেটর হইতে বাহির হইয়া আশিবার সময় পুরাপুরি অন্তর্বর্তী বিদ্যুৎ প্রবাহ হইয়া উঠিতে পারে না। ফলে তাহা ব্যবহার করার সময় নানাপ্রকার অসুবিধা দেখা দেয়। তাই সকল দিক বিবেচনা করিয়া কম্যুটেটর-সেগ্মেন্ট আর সেই সঙ্গে পরিবাহীর সংখ্যা বৃদ্ধি করা একান্ত প্রয়োজন হইয়া পড়ে। এখন, যদি মাত্র দুইটি করিয়া পরিবাহী এক-একটি খাঁজে বসানো হয়, তবে অধিক সংখ্যক পরিবাহীর জন্য অধিক সংখ্যক খাঁজেবও প্রয়োজন হইবে। ইচ্ছাতে প্রতি খাঁজের আগতন করিয়া যাঁহে এবং আর্মেচারের দাতগুলির গোড়া এত সরু হইবে যে, ঐগুলি স্বভাবতই অতিশয় দুর্বল হইয়া পড়িবে। তাই খাঁজের সংখ্যা বৃদ্ধি না করিয়া প্রতি খাঁজে অধিক সংখ্যক পরিবাহী ব্যবহার করিলে আর্মেচার-ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে তাহা অধিকতর সুবিধাজনক হয়।

দুই, তিন, চার বা ততোধিক কয়েলকে একত্রে ফিতা দিয়া ভড়াইয়া যখন একটিমাত্র কয়েলে রূপান্তরিত করা হয়, তখন সেই কয়েলকেই সাধারণভাবে “বহু পরিবাহী সমন্বিত কয়েল” বা “মাল্টিপল্ কয়েল” বলে। কিন্তু সন্নিবিষ্টভাবে বৃঝাইবার জন্য দুইটি কয়েল লইয়া গঠিত হইলে মাল্টিপল্ কয়েলকে “দুই পরিবাহী সমন্বিত কয়েল” বা “ডবল কয়েল” (double coil), তিনটি কয়েল লইয়া গঠিত

[illegible]

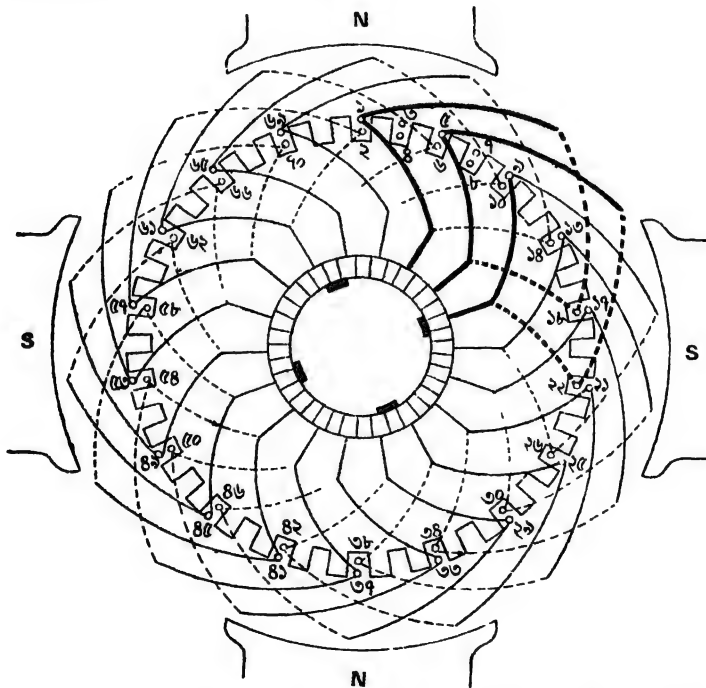
• 13 500

20

হুজুর। এখন, যদি এই বিচারক এবং বাদীরা ৭১ জন ৭০ জনে পরিণত হলে, একটি বসেবেসে এর মধ্যে ১০ জনটি পরিবাহী। একই খাঁড়ের সন্ধানও প্রকৃতি প্রায়শ নমন বক্ষা করিয়া। পূর্ণ বিচারক এবং পরিবাহীরা একই খাঁড়ের মতই হতে পারে না, অর্থাৎ কয়েকটি ছোট দিক। বিচারক পরিবাহীরা কিন্তু অন্য খাঁড়ের মতো। প্রয়োজন হওয়া পক্ষে। ১৯৭১-৭২ এর মনোবৈজ্ঞানিক উপাত্তের আলোকে এই ঘটনার ব্যাখ্যা করা যাবে। বর্তমান পর্যন্ত এই ঘটনার কোন দিকই সঠিকভাবে এবং খাঁড়ের মতো। খাঁড়ের মতোই প্রকৃতি প্রায়শ বিচারক এবং পরিবাহীরা একই খাঁড়ের মতো। পূর্ণ বিচারক এবং পরিবাহীরা একই খাঁড়ের মতো।

[illegible]

কম্যুটেটার-সেগ্‌মেন্টের উপর যুক্ত হইবে, আর ৩নং পরিবাহী যে-থাজে বসিবার কথা, সেই থাজটি খালি থাকিবে। সেন্ট্রপ, দ্বিতীয় কয়েলের এক দিক ৫নং পরিবাহী ও অন্য দিক ২২নং পরিবাহী হইবে, এবং কম্যুটেটারের দিকে ২২নং পরিবাহীর প্রান্ত ২ন পরিবাহীর প্রান্তের সহিত যুক্ত হইবে। অতএব ৩, ৪, ৭, ৮, প্রভৃতি পরিবাহী এই ওয়াইণ্ডিংয়েব অন্তর্ভুক্ত হইবে না, এবং আর্মেচারের থাজগুলির মধ্যে পর্যায়ক্রমে একটি বাদ দিয়া একটি খালি থাকিবে আর কম্যুটেটারের দিকে পর্যায়ক্রমে একটি সেগ্‌মেন্ট বাদ দিয়া পরেরটিতে কয়েলের প্রান্ত আঁসিয়া যুক্ত হইবে। এইভাবে অগ্রসর হইয়া মাত্র একপাক পারদাই ওয়াইণ্ডিং সম্পূর্ণ হইবে, অর্থাৎ কেবল ১৮টি থাজ আর ১৮টি কম্যুটেটার-সেগ্‌মেন্ট ব্যবহার করিবার পরেই ওয়াইণ্ডিং যেখান হইতে শুরু হইয়াছিল সেখানেন ফিবিয়া আসিবে। এইরূপ একটি ওয়াইণ্ডিং ১৮নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। ওয়াইণ্ডিংয়েব যে পরিবাহী থাকেব ৩৩তর উপরের দিকে আছে তাহা পুরা লাইনো সাহায্যে, আর নাকের দিকে অবস্থিত পরিবাহী বিন্দু-দ্বারা চিহ্নিত করা লাইনের সাহায্যে দেখানো হইয়াছে।



দুইহালা (duplex) ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং—কেবল একটিমাত্র ওয়াইণ্ডিংয়ের স যোগ দেখানো হইয়াছে
১৮নং চিত্র

যেহেতু এই প্রকার একটি ওয়াইণ্ডিং সম্পূর্ণ হওয়ার পরে আর্মেচারের অর্ধেক সংখ্যক থাজ আর কম্যুটেটারের অর্ধেক সংখ্যক সেগ্‌মেন্ট খালি থাকিয়া যায়, অতএব ঐ সকল

খাঁজে কয়েল বসাইয়া এবং অব্যবহৃত সেগ্‌মেণ্টের সহিত তাহাদের ঝালাই করিয়া প্রথমটির অন্তরূপ দ্বিতীয় আর একটি ওয়াইণ্ডিং করা যাইতে পারে। এই দুই ওয়াইণ্ডিং একই আর্মেচারে অবস্থিত হইলেও সম্পূর্ণ পৃথক এবং একটি অন্যটি হইতে ইন্ডাল্ট করা অবস্থায় থাকে, কেবলমাত্র কন্ডাক্টরের উপরে অবস্থিত ল্যাশের মাধ্যমে তাহাদের মধ্যে বৈদ্যুতিক সংযোগ সাধিত হয়। সেইজন্য এই সকল ওয়াইণ্ডিংয়ের ব্রাশ এতটা চওড়া হওয়া প্রয়োজন যাহাতে উহা সকল সময় পাশাপাশি অবস্থিত দুইটি কন্ডাক্টরের সেগ্‌মেণ্ট জড়িয়া অবস্থান করিতে পারে। ব্রাশ এইভাবে অবস্থান করে বলিয়া ওয়াইণ্ডিং দুইটি পরস্পরের সহিত প্যারাললে সংযুক্ত হয়। যখন আর্মেচারে দুইটি ওয়াইণ্ডিং এইভাবে প্যারাললে থাকে, তখন উহাকে “দুইহার ওয়াইণ্ডিং” (duplex winding) বলে। সেইরূপ, তিনটি ওয়াইণ্ডিং প্যারাললে থাকিলে উহাকে “তিনহার ওয়াইণ্ডিং” (triplex winding), চারিটি প্যারাললে থাকিলে উহাকে “চারহার ওয়াইণ্ডিং” (quadruplex winding),—এইভাবে অভিহিত করা হয়।

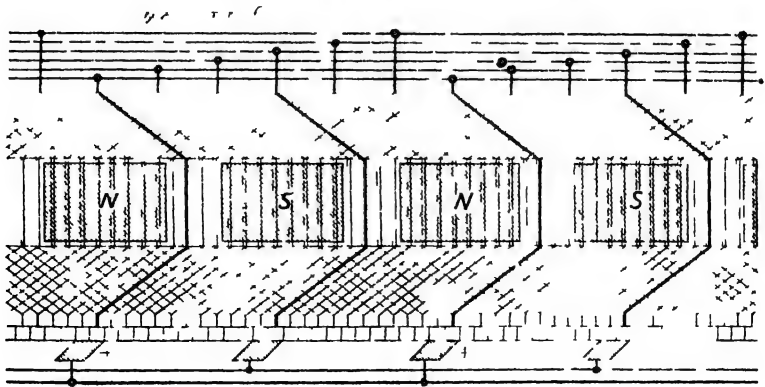
পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, একটি একহার ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ে ক্ষেত্র আর্মেচারে প্যারালেল-রাষ্টাব সংখ্যা মেসিনের পোলব সংখ্যার সমান। অতএব যদি প্যারাললে সংখ্যক ‘m’ সংখ্যক ওয়াইণ্ডিং লইয়া আর্মেচার গঠিত হয়, তবে উহাতে $P \times m$ সংখ্যক প্যারালেল-রাষ্টাব সৃষ্টি হইবে, আর $y_b - y_f \pm 2m$ হইবে।

বহুহার ওয়াইণ্ডিংয়ে যদি খাঁজ বা কয়েলের সংখ্যা বিজোড় হয়, তবে প্রথম ওয়াইণ্ডিংটি আর্মেচারকে একপাক ঘুরিয়াই যেখানে হইতে শুরু হইয়াছিল, সেখানে ফিরাই আসে না, ১নং পরিবাহী হইতে দুই পরিবাহী আগে বা পশ্চিমে আসিয়া শেষ হয়, ফলে ওয়াইণ্ডিংটি নিজের মধ্যে আবদ্ধ (re-entrant) হইতে পাবে না। তখন প্রথম ওয়াইণ্ডিং যেখানে শেষ হইয়াছে, দ্বিতীয় ওয়াইণ্ডিং সেইখান হইতে শুরু হয়, এবং দুইহার ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে এটা আর্মেচারকে আবদ্ধ একপাক ঘুরিয়া তবে ১নং পরিবাহীতে আসিয়া সম্পূর্ণ হয়। সুতরাং আর্মেচারে একাধিক ওয়াইণ্ডিং থাকিলেও তাহারা আলাদাভাবে নিজেদের মধ্যে আবদ্ধ থাকে না। প্রথম ওয়াইণ্ডিংয়ের সর্বপ্রথম পরিবাহীর সহিত শেষের ওয়াইণ্ডিংয়ের সর্বশেষ পরিবাহী আসিয়া মিলিত হয় এবং এইভাবে সব কয়টি ওয়াইণ্ডিং একত্রিত হইয়া একাবর্ত মাত্র আবদ্ধ হইতে পারে। তবে বিদ্যম উৎপাদনের দিক দিয়া ১৮নং চিত্রে বর্ণিত ওয়াইণ্ডিংয়ের সহিত এই প্রকার ওয়াইণ্ডিংয়ের কোনরূপ পার্থক্য নাই, তাই উভয় প্রকার ওয়াইণ্ডিংকেই বহুহার ওয়াইণ্ডিং নামে অভিহিত করা হয়।

(৩/০) ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ে একোয়ালাইজার বা একোয়ালাইজিং রিং-এর সংযোগ (Connections of Equalizers or Equalizing Rings in Lap Windings)

ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ে তড়িৎ-প্রবাহের জন্য সাধারণতঃ অনেকগুলি কব্জা প্যারালেল-রাষ্টা (parallel path) থাকে, আর সেই সকল রাষ্টা ব্রাশের মাধ্যমে পরস্পরের

খ'কিবে [যেমন, ১৭(ক)ন চিত্রে ১০ন' পৰিবাহী । এখন, যদি এই দুইটি কয়েলের
অল্প দুই পৰিসর্যাব অবস্থান পৰাস্থ করা যায় যেমন ৮ন' আব ২০ন' পৰিবাহী)
তাব দেখে মাইবে যে, এই দুইটি ১০ ও ২০ স্কু. মকব সম্মুখে ঠিক একই ভায়াগায়
আছে। সতবা এই দুইটি কয়েলব একটিন যে প'বসাহীতে থা ত ডিঙ চাপ উৎপন্ন
হইবে, অতটিব সেট পৰিবাহী ১০ টি ব তত চাপ উৎ প হইবে। যদি তাহাতে কোন
বাবণে কিছুমাত্র তবায় সটে, তাব উভয় ১০ লেব মধ্য এক এডং-প্রবাহ আবণ্ডিত
হইতে পারিবে, ও সেত ত উৎ বাবেব মধ্য দসায় প্রবাহিত হইবে। কিন্তু যদি
এক টি মাইন ১০০ মাইনাল কাসল ৮০ টি প্রবাহন সম্মু শামেচাবের পশ্চাদিকে
মতবত করিয়া ১০ করা থাকে, তাব বার্ষিক্যে চাপ (potential) বিছ তাবতমা
ঘটিলেও তাহ সম্মানি হইয়া সম্মান ২০০ মাইনাল। ঐদোয়ালিষ্ঠাব আর্মচাব-
কসে ১০০ হত এবাস বস ১০০ বাকে পানযা উঠাব ১০০ ব দিয়া গ্রাফিটি কাপেট বা
প'ববত) বি, ১০০ টি ও হব, তা হত প্রবাহে গমন মবায় বা (magnet motive
force) সষ্ট কান ১০০ মে নবনব ১০০াব উপব ১০০। তাব ববিয়া শামেচাবের
প্রতিটি মাইনব ১০০ ব পত উৎ চাপেব মবায় সম্মান বচাব বচ।

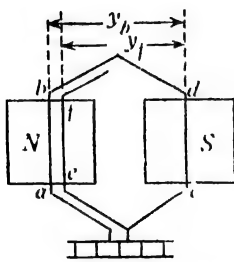
[illegible]

১১ নং চিত্র: অকোয়ালান্দাবেন সংযোগ সহ একটি কংক্রিট লাইপ ওয়াহ ও যেন কিছু ০.৯

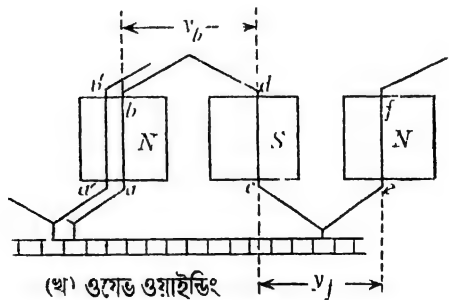
ঈকোয়ালাইজি' বি এম স'যোগ' সহ একটি চ-প্লেনেব আর্মেরােব কিছু অংশ :২২৩ চিত্রে দেখানো হইল। যে কয়েল নিয়ম অগুসাবে একই বিয়ব সহিত যুক্ত থাকি উচিত, এই চিত্রে তাহাদের মোটা লাইন টানিয়া দেখানো হইয়াছে।

(২) ওয়েভ ওয়াইন্ডিং (Wave Winding)

ল্যাপ ওয়াইন্ডিংয়ের তায় ওয়েভ ওয়াইন্ডিংয়েও একই কয়েলের দুই দিক পাশাপাশি অবস্থিত দুই উপরীত মেরুতে অবস্থান করে, অর্থাৎ যদি কোন কয়েলের এক দিক উত্তর মেরুর নীচে থাকে, তবে উহার অত্র দিক পাশের দক্ষিণ মেরুর প্রাচ্য নীচেই থাকিবে। ওফাতের মধ্যে এই যে, ল্যাপ ওয়াইন্ডিংয়ে যেকোন দ্বিতীয় কয়েলটিকে প্রথম কয়েলের কাছেই আরম্ভ করা হয়, ওয়েভ ওয়াইন্ডিংয়ে তাহা করা হয় না। এই ওয়াইন্ডিং ক্রমাগত দক্ষিণাবর্তে অগ্রসর হইতে থাকে। ২০(ক)নং চিত্রে দেখ একটি পরিবাহী ab উত্তর মেরুতে অবস্থিত রহিয়াছে, এবং উহা আর্মেচারের পশ্চাদ্ধিক ঘুরিয়া পাশের দক্ষিণ মেরুতে অবস্থিত cd পরিবাহীর সহিত যুক্ত আছে। অতএব ab গাব cd একই কয়েলের দুই দিক হইল। কয়েলটি ল্যাপ ওয়াইন্ডিংয়ে ব্যবহার করাতে cd পরিবাহীর প্রান্ত আর্মেচারের সম্মুখের দিকে ef পরিবাহীর প্রান্তের সহিত যুক্ত হইয়াছে, আর ef পরিবাহী ab -এর সহিত একটি উত্তর মেরুতে অবস্থান করিতেছে। কিন্তু ওয়েভ ওয়াইন্ডিংয়ের ক্ষেত্রে আর্মেচারের সম্মুখে পরিবাহীর সংযোগ এই ভাবে করা চলে না। ২০(খ)নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারিবে। এই চিত্রেও ২০(ক)নং চিত্রে তায় ab আর cd পরিবাহীদ্বয় একইভাবে অবস্থিত আছে। কিন্তু ef পরিবাহী ab -এর সহিত একটি উত্তর মেরুতে অবস্থান না করিয়া cd যে দক্ষিণ মেরুতে



(ক) ল্যাপ ওয়াইন্ডিং



(খ) ওয়েভ ওয়াইন্ডিং

২০নং চিত্র

অবস্থিত তাহার ডান দিকে পাশের অত্র আর একটি উত্তর মেরুতে অবস্থিত রহিয়াছে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, ল্যাপ ওয়াইন্ডিংয়ে কোন একটি কয়েল জড়ানো হইয়া গেলে উহার শেষ প্রান্তকে যেমন বামাবর্তে পিছাইয়া লওয়া হয়, ওয়েভ ওয়াইন্ডিংয়ের ক্ষেত্রে সেই প্রান্তকে সবদাই দক্ষিণাবর্তে আগাইয়া দেওয়া হয়, অর্থাৎ ওয়েভ ওয়াইন্ডিংয়ে আর্মেচারের পশ্চাৎ ও সম্মুখ—এই উভয় দিকেই পরিবাহীর সংযোগ ক্রমশঃ

অগ্রসর হইতে থাকে। আর সেই কারণেই এই ওয়াইণ্ডিংয়ে পশ্চাতের পিচ প্রয়োজন-বোধে সম্মুখের পিচের সমান করা চলে।

ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ে কয়েলের সংযোগ ক্রমাগত অগ্রসর হইয়া যখন প্রথমবার ১নং খাঁজের কাছে ঘুরিয়া আসে, তখন দেখা যায় যে, সর্বশেষ পরিবাহী ১নং পরিবাহী হইতে এক খাঁজ তফাতে রহিয়াছে [২০ (খ) নং চিত্রে এই পরিবাহী a'b'-দ্বারা চিহ্নিত করা হইয়াছে]। ইহা হইতে এই হিসাব পাওয়া যায় যে—

$$\text{ওয়াইণ্ডিংয়ের গড়-পড়তা (average) পিচ } y = \frac{(\text{খাঁজের মোট সংখ্যা}) + ১}{\text{পোলের মোট সংখ্যা}}, \text{ অথবা}$$

$$(\text{খাঁজের মোট সংখ্যা}) - ২$$

$$\text{পোলের মোট সংখ্যা}$$

(১) যদি এই পিচ জোড় সংখ্যা হয়, তবে

$$\text{সম্মুখের পিচ } y_f = (\text{গড়-পড়তা পিচ}) + ১, \text{ অথবা}$$

$$(\text{গড়-পড়তা পিচ}) - ১ \text{ হইবে; } ^*$$

$$\text{আর পশ্চাতের পিচ } y_b = (\text{গড়-পড়তা পিচ}) - ১, \text{ অথবা}$$

$$(\text{গড়-পড়তা পিচ}) + ১ \text{ হইবে।}$$

(২) কিন্তু যদি গড়-পড়তা পিচ বিজোড় সংখ্যা হয়, তবে

$$y_f = y \quad y \text{ হইবে।}$$

অর্থাৎ ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে আরোচায়ে যতগুলি খাঁজ থাকে তাহার সহিত ২ যোগ কিংবা বিয়োগ করিলে ১ সংখ্যাটি পাওয়া যায়, তাহা মেসিনের পোলের সংখ্যার দ্বারা বিভাজ্য হওয়া চাই। তবে এই ভীষণল যে জোড় সংখ্যা হইবেই, এমন নহে, ইহা বিজোড় সংখ্যাও হইতে পারে। ইহাকেই গড়-পড়তা পিচ বলে। যদি গড়-পড়তা পিচ বিজোড় সংখ্যা হয়, তবে পশ্চাতের পিচ আর সম্মুখের পিচ উভয়েই গড়-পড়তা পিচের সমান হইবে। আর যদি গড়-পড়তা পিচ জোড় সংখ্যা হয়, তবে y_b আর y_f উভয়েই বিজোড় সংখ্যা হইবে এবং তাহাদের মধ্যে ২ পার্থক্য থাকিবে (অর্থাৎ যদি $y = ৬$ হয়, তবে $y_b = ৭$ আর $y_f = ৫$ হইবে, কিংবা $y_b = ৫$ আর $y_f = ৭$ হইবে)। এক্ষেত্রেও y_f অপেক্ষা y_b বড় হইলে ওয়াইণ্ডিং “প্রোগ্রেসিভ”, আর y_b অপেক্ষা y_f বড় হইলে ওয়াইণ্ডিং “রেট্রোগ্রেসিভ” হইবে।

উপরের হিসাব মত আরোচায়ে জড়াইতে হইলে আরোচায়ে খাঁজের সংখ্যা কম্যুটেটার-সেগমেন্টের সংখ্যার দ্বিগুণ হওয়া চাই, আর এই ব্যবস্থায় আরোচায়ে একটি সহজ বা একহারী (Simplex) ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং করাই সম্ভব। কিন্তু যদি

আর্মেচারের খাঁজের সংখ্যা কম্যুটেটার-সেগ্মেন্টের সংখ্যার সমান হয়, তবে ওয়াইণ্ডিংয়ের হিসাব নিম্নলিখিতরূপ হইবে—

$$v_b + y_f = \frac{2 \left[\left(\text{খাঁজের মোট সংখ্যা} \right) + 1 \right]}{\text{পোলের মোট সংখ্যা}}, \text{ অথবা}$$

$$\frac{2 \left[\left(\text{খাঁজের মোট সংখ্যা} \right) - 1 \right]}{\text{পোলের মোট সংখ্যা}}$$

এক্ষেত্রে ওয়াইণ্ডিং দুইহারা (duplex) হইবে, অর্থাৎ ইহাতে এক এক বারে অর্ধেক খাঁজে তার জড়াইয়া দুইবারে ওয়াইণ্ডিং সম্পূর্ণ করিতে হইবে, নচেৎ ওয়াইণ্ডিং সম্পূর্ণ হইবে না। সেইকপ, কম্যুটেটার-সেগ্মেন্টের সংখ্যা খাঁজের সংখ্যাব দ্বিগুণ হইলে আর্মেচারে তিনহারা (triplex) ওয়াইণ্ডিং হইবে, ইত্যাদি।

নিম্নে যে উদাহরণটি দেওয়া হইল তাহাতে একটি একহারা ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের বিভিন্ন পিচের হিসাব, সংযোগের তালিকা ও ডেভেলপ ড্ ডায়াগ্রাম দেখানো হইয়াছে।

উদাহরণ ১-২। একটি ৪-পোলার আর্মেচারে ২২টি খাঁজ আছে। ইহাতে একটি একহারা ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং হইবে। এই ওয়াইণ্ডিংয়ের পিচ নির্ণয় করিয়া সংযোগের একটি তালিকা প্রস্তুত কর, আর একটি পরিষ্কার চিত্র অঙ্কন করিয়া তাহাতে কয়েলের সংযোগ, পোল, কম্যুটেটার ও ব্রাশের অবস্থান, এবং প্রতিটি পরিবাহীতে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ স্পষ্ট করিয়া দেখাও।

যেহেতু একহারা ওয়াইণ্ডিংয়ের প্রতি খাঁজে একটি করিয়া পরিবাহী থাকে, অতএব এই ওয়াইণ্ডিংয়ে পরিবাহীর মোট সংখ্যা ২২ আব কয়েলের মোট সংখ্যা ১১ হইবে, আব সেই সঙ্গে কম্যুটেটাবেও ১১টি সেগ্মেন্ট থাকিবে। এখন, ওয়াইণ্ডিংয়ের গড়-পড়ত। পিচ $v = \frac{\text{খাঁজের মোট সংখ্যা} \pm 2}{\text{পোলের মোট সংখ্যা}}$

$$= \frac{22 \pm 2}{4}$$

$$= 6 \text{ অথবা } 5।$$

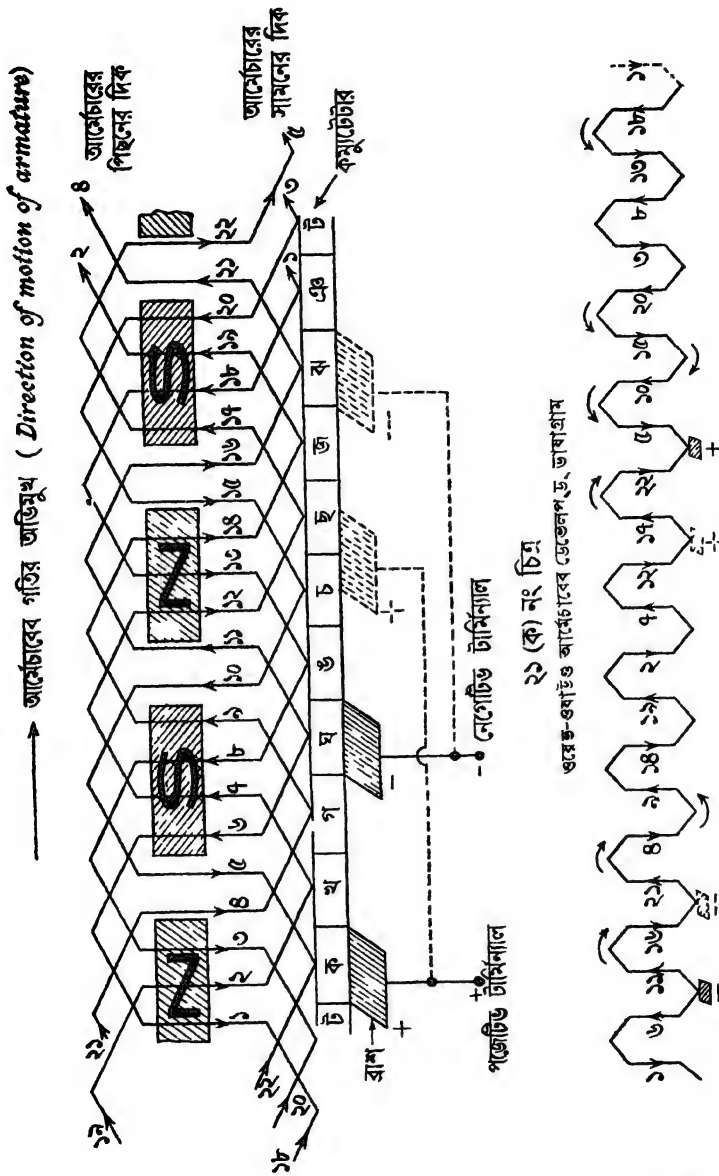
যদি $y = 5$ ধরা যায়, তবে পশ্চাতের পিচ $v_b = 9$ আর সম্মুখের পিচ $y_f = 5$ ধরা যাইতে পারে, কিংবা $y_b = 5$ আব $v_f = 9$, এইরূপও ধরা যায়। কিন্তু যদি $y = 5$ ধরা যায়, তবে $v_b = v_f = y = 5$ ধাঁবে হইবে। মনে কর, ওয়াইণ্ডিংয়ের সবকয়টি পিচ = ৫ ধরা গেল। তাহা হইলে সংযোগের তালিকা নিম্নলিখিতরূপ হইবে। এখানে একটি কথা স্মরণ রাখা কর্তব্য যে, যেহেতু ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ে কয়েলের সংযোগ আর্মেচারের পশ্চাৎ ও সম্মুখ উভয় দিকেই ক্রমাগত অগ্রসর হইতে থাকে, অতএব সংযোগের তালিকায় পিচের সংখ্যাকে ক্রমাগত যোগ করিয়াই যাইতে হয়।

সংযোগের তালিকা (Winding Table)

আর্মচারের পশ্চাদ্ধিকে	আর্মচারের সম্মুখ দিকে
আর্মচারের পশ্চাত্তেব পিচ $y_b = ৫$	আর্মচারেব সম্মুখের পিচ $y_f = ৫$
১— ৬	৬—১১
১১—১৬	১৬—২১
২১— ৮	৮— ৯
৯— ১৪	১৪—১৯
১৯— ২	২— ৭
৭—১২	১২—১৭
১৭—২২	২২— ৫
৫—১০	১০—১৫
১৫—২০	২০— ৩
৩— ৮	৮—১৩
১৩—১৮	১৮— ১

মেশিনটিকে পোল ও আর্মচার-ওয়াইণ্ডিং লম্বালম্বিভাবে চিরিয়া ছড়াইয়া দিলে যে রূপ দেখায়, ১১(ক)ন° চিত্রে তাহাই দেখানো হইয়াছে। ইহাতে ১ হইতে ২২ পর্যন্ত থাঁজগুলি লাইনেব আকাবে চারিটি কী-ড-পালের উপরে সারি সারি পাতা আছে। যদি এখানেও ধরিয়া লওয়া যায় যে, আর্মচারের পরিধির শতকরা ৭০ ভাগ জায়গা পোলের সম্মুখে থাকিবে, তবে $\frac{22 \times 0.9}{8} = ৩.৮৫$ টি থাঁজ প্রত্যেক পোলের সম্মুখে, আর $\frac{22 \times 0.9}{9} = ২.৭৫$ টি থাঁজ দুই পোলের মাঝের প্রত্যেকটি ফাঁকে থাকিবে। এই হিসাব অনুসারেই পোলগুলি ১(ক)ন° চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

এইবার সংযোগের তালিকা অনুযায়ী ওয়াইণ্ডিং সম্পূর্ণ কর। এই ওয়াইণ্ডিং করিতে হইলে পরিবাহী তাবকে ১নং থাঁজ হইতে আর্মচারের পশ্চাদ্ধিক দিয়া ৬নং থাঁজে লইয়া যাইতে হইবে, এবং ঐ থাঁজের ভিতর দিয়া সম্মুখের দিকে আনিয়া ১নং আর ৬নং-এর মধ্যে যত পাক দবকাব, তত পাশ্চক কয়েল জড়াইতে হইবে। শেষ পাক জড়ানো হইয়া গেলে সম্মুখের দিকে কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের উপব বালাই করিবার জন্য একটি লুপ রাখিয়া দিয়া ১১নং থাঁজে যাইতে হইবে, আর পশ্চাদ্ধিকে ১১নং থাঁজ হইতে তারকে ১৬নং থাঁজের মধ্যে আনিয়া প্রথম কয়েলের সমান পাক তার ঐ দুই থাঁজের মধ্যে জড়াইয়া, সম্মুখের দিকে একটি লুপ রাখিয়া, আবার ২১নং থাঁজে যাইতে হইবে। এইভাবে ওয়াইণ্ডিং অগ্রসর হইতে থাকিবে। পরে লুপগুলি একে একে নিকটতম কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের সহিত বালাই করিয়া দিলেই আর্মচার জড়ানো সম্পূর্ণ হইবে।



এখন মনে কর আর্মেচার দক্ষিণাবর্তে ঘুরিতেছে, আর কোন এক সময়ে খাঁজ ও পোলের অবস্থান ২১(ক)নং চিত্রের স্থায় রহিয়াছে। এইবার প্রত্যেক পরিবাহীতে ফ্রেমিং-এর দক্ষিণহস্ত নিয়ম প্রয়োগ করিলে দেখা যাইবে ১, ২, ৩, আর ১২, ১৩, ১৪—

এই পরিবাহীগুলি উত্তর মেরুর সম্মুখে অবস্থিত বলিয়া উহাদের মধ্যে যে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হইতেছে তাহার অভিমুখ কম্যুটেটারের দিকে, আর ৬, ৭, ৮, ৯, এবং ১৭, ১৮, ২০—এই পরিবাহীগুলি দক্ষিণ মেরুর সম্মুখে অবস্থিত বলিয়া উহাদের মধ্যে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের অভিমুখ আর্মেচারের পশ্চাতের দিকে রহিয়াছে। কিন্তু ৪, ৫, ১০, ১৫, ১৬ ও ২১নং পরিবাহী দুই পোলার ফাঁকে অবস্থিত থাকায় উহাদের মধ্যে কোন তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হইবে না। তাহা ছাড়া ১১নং ও ২২নং পরিবাহী দুইটিও উত্তর মেরুর সামান্যতঃ থাকার দরুন কোন চুম্বক-রেখা ছেদন করিবে না। অতএব এই দুই পারবাহাতেও কোন তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হইবে না।

এইবার ওয়াইণ্ডিংয়ের মন্থন বুঝিবার নক্সা গ্রহণ করিয়া প্রত্যেকটি পরিবাহীতে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের অভিমুখ তাহাতে সন্নিবেশ করিলে দেখা যাইবে যে, ৬নং পরিবাহীতে তড়িৎ-চাপ ও সেই সঙ্গে তড়িৎ-প্রবাহ নীচ হইতে উপরের দিকে উঠিতেছে, আর ২২নং পরিবাহীতেও তড়িৎ ওই একই দিকে প্রবাহিত হইতেছে। এই দুই পরিবাহীর মধ্যে অবস্থিত ১১, ১৬, ২১ আর ৬নং পরিবাহীতে কোন তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন না হওয়াতে উহাদের মধ্য দিয়া তড়িৎ কোন দিকেই প্রবাহিত হইতে পারে। সুতরাং ৬নং আর ২২নং পরিবাহীদ্বয়ে তড়িৎ বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইতেছে বলিয়া ৬নং পরিবাহী যে কম্যুটেটার-সেগ্‌মেন্টের সহিত ঝালা আছে, সেই 'ঘ'-চিহ্নিত সেগ্‌মেন্টের উপর একটি ব্রাশ পড়িবে, এবং তাহা একটি নেগেটিভ ব্রাশ হইবে। আবার ১৭নং পরিবাহীতে উপরের দিকে যে তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছে তাহার অভিমুখ স্বভাবসিদ্ধ ১২, ৫, ১০ ও ১৫নং পরিবাহী হইয়া ডান দিকে অগ্রসর হইলে দেখা যাইবে ২০নং পরিবাহীতেও তড়িৎ উপরের দিকে প্রবাহিত হইতেছে। সুতরাং এই '৬' তড়িৎ-প্রবাহের ব্যতিরেকে যাইবার জন্য একটি পথ থাকিবে। আর সেইজন্য ১৭নং-এর খ ও কাছে পাওয়া যায় কম্যুটেটারের দিকে একটি ব্রাশ বসাইতে হইবে। তাহা ২২নং ও ৫নং পরিবাহীদ্বয়ের সংযোগস্থল, অর্থাৎ 'ক'-চিহ্নিত কম্যুটেটার-সেগ্‌মেন্টের উপর আর একটি ব্রাশ বসানো হইয়াছে, এবং ইহা একটি পজিটিভ ব্রাশ। এখন, ব্রাশ দুইটির অবস্থান ভাল করিয়া লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, একটি ব্রাশ উত্তর মেরুর সম্মুখে আর অপরটি তাহার পাশের দক্ষিণ মেরুর সম্মুখে বহিয়াছে। এদিকে মেরুসনে চারিটি পোল থাকায় ব্রাশ দুইটির মধ্যে ব্যবধান ৯০ ডিগ্রী হইবে। সুতরাং এক্ষেত্রে পোলার সংখ্যা ৮ই হইলেও দুইটি ব্রাশের কাজ চলিবে। ২১(খ)নং চিত্র হইতে ইহাও দেখা যাইবে যে, এই প্রকার ওয়াইণ্ডিংয়ে সমস্ত আর্মেচারের মধ্যে যাত্র দুইটি প্যার্যালেল-রাশি রহিয়াছে,—একটি রাশিই তড়িৎ বা দিক হইতে ডান দিকে, আর অপরটি তড়িৎ ডান দিক হইতে বাঁ দিকে প্রবাহিত হইতেছে ; আর এই দুই প্রবাহের সংযোগস্থলই দুই ব্রাশের জায়গা। অতএব মেরুসনে চারিটি পোল থাকিলেও আর্মেচারে প্যার্যালেল-রাশির সংখ্যা কেবলমাত্র দুই হওয়াতে দুইটি ব্রাশই তড়িৎ-প্রবাহের পক্ষে যথেষ্ট বলিয়া ধরা যাইতে পারে। তবে ইচ্ছা করিলে দুইটির জায়গায় চারিটি ব্রাশও বসানো চলে। এই অন্তিরিক্ত ব্রাশ দুইটির অবস্থান ২১(ক)নং

চিত্রে ফুটকি ফুটকি লাইনের সাহায্যে দেখানো হইয়াছে। স্ততরাং একহারা ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে মেসিনে যতগুলি পোলই থাকুক না কেন, দুইটি ব্রাশ হইলেই কাজ চলিতে পারে। কিন্তু সেক্ষেত্রে প্রত্যেক ব্রাশ দিয়াই মেসিনের পুরা কারেন্ট প্রবাহিত হয় বলিয়া ব্রাশকে অধিক চওড়া করিতে হইবে।

ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ে ল্যাপ আর্মেচারের ঝায় কম-চওড়া ব্রাশ ব্যবহার করিতে হইলে যতগুলি পোল ততগুলি ব্রাশ ব্যবহার করা প্রয়োজন। যদি তাহা করিতে হয় তবে বর্তমান উদাহরণে ৬নং ও ১১নং পরিবাহীর সংযোগস্থলে একটি, আর ১৬নং ও ২১নং পরিবাহীর সংযোগস্থলে একটি—এই দুইটি নেগেটিভ ব্রাশ, এবং ১২নং ও ১৭নং পরিবাহীর সংযোগস্থলে একটি, আর ২২নং ও ৫নং পরিবাহীর সংযোগস্থলে একটি—এই দুইটি পজিটিভ ব্রাশ ব্যবহার করিতে হইবে। ইহাতেও মেসিন ঠিক চলিবে, কাবণ ১১নং আর ১৬নং পরিবাহীতে কোন তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হইতেছে না বলিয়া ৬-১১ পরিবাহীর আর ১৬-২১ পরিবাহীর সংযোগস্থলে মধ্য তড়িৎ-চাপ হিসাবে কোন তথ্য নাই। সেইরূপ, ১২-৫ পরিবাহীর আর ১২-১৭ পরিবাহীর সংযোগস্থল তড়িৎ-চাপ হিসাবে একই। স্ততরাং এ সকল বিন্দুতে দুইটি নেগেটিভ ও দুইটি পজিটিভ ব্রাশ বসাইয়া, উভয় পজিটিভকে একত্রে আর উভয় নেগেটিভকে একত্রে সংযুক্ত করিয়া, একটি পজিটিভ লাইন ও একটি নেগেটিভ লাইন বাহির করাও চলিতে পারে। কিন্তু ২২ সংখ্যাকে সমান চারি ভাগ করা যায় না বলিয়া একটি নেগেটিভ ব্রাশ পাশাপাশি দুইটি কম্যুটেটর-সেগ্মেন্টে ঠেকিয়া থাকিবে, উহা এড়াইবার কোন উপায় নাই।

ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং যদি বহুহারা হয়, তবে আর্মেচারে যে-কয়টি ওয়াইণ্ডিং থাকিবে তাহাব দ্বিগুণ সংখ্যক প্যারালেল-রাস্তার সৃষ্টি হইবে। যেমন, আর্মেচারে m -সংখ্যক ওয়াইণ্ডিং থাকিলে প্যারালেল-রাস্তার সংখ্যা $2m$ হইবে, অর্থাৎ দুইহারা ওয়াইণ্ডিংয়ে প্যারালেল-রাস্তার সংখ্যা ৪, তিনহারা ওয়াইণ্ডিংয়ে ৬—এইরূপ হইবে।

(৩) কম্যুটেটরের উপর ব্রাশের অবস্থান (Position of Brushes on the Commutator)

ব্রাশের মধ্য দিয়াই তড়িৎ-প্রবাহ মেসিন হইতে বাহিরের বর্তনীতে যায়, আবার ব্রাশের মধ্য দিয়াই তাহা মেসিনে ফিরিয়া আসে। ব্রাশ কম্যুটেটর-সেগ্মেন্টের উপর চাপিয়া বসানো থাকে, আর কম্যুটেটরের সহিত আর্মেচারের পরিবাহীসমূহ সংযুক্ত থাকে। স্ততরাং ব্রাশের সহিত পরিবাহীরই প্রধান সম্পর্ক। ব্রাশ এমন কম্যুটেটর-সেগ্মেন্টের উপর বসাইতে হয় যাহাতে ঐ সেগ্মেন্টের সহিত ঝালাই করা পরিবাহীতে কোন তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট না থাকে, নইলে কম্যুটেটারে আগুন (spark) দেখা দেয়। যে পরিবাহী চুষক বলরেখা ছেদ করে, তাহাতেই তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। যে পরিবাহী কোনই বলরেখা ছেদ করিতেছে না, তাহার সহিত ঝালাই করা কম্যুটেটর-সেগ্মেন্টের উপরই ব্রাশ বসাইবার উপযুক্ত জায়গা। শুধু সেই পরিবাহীই কোন চুষক-রেখা ছেদ করে না

যাহা পাশাপাশি অবস্থিত দুই পোলার ঠিক মাঝখানে অবস্থান করে, অর্থাৎ দুই পোলার মাঝখানে দিয়া মনে মনে একটি অক্ষরেখা টানিলে তাহার সহিত লম্বভাবে অবস্থিত যে পরিবাহী। শুধু তাহাতেই সেই সময়ে কোন তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয় না। ইহার কারণ এই যে, শুধু ঐক্য নই পরিবাহীর সাময়িক গতি চুম্বক রেখা-প্রবাহের সমান্তরাল হয়। সেইজন্য পাশাপাশি অবস্থিত দুই দুই পোলার মাঝখানে ভেদ করিয়া যে মধ্যরেখা (central line), তাহাব সহিত লম্বভাবে ব্রাশগুলি বসানো থাকে। এই মধ্যরেখাকে ইংরাজিতে “জিওমেট্রিক্যাল নিউট্রাল অ্যাক্সিস” (Geometrical Neutral Axis) বলে। বাতায় ইহাকে ‘জ্যামিতিক উদাসীন অক্ষ’ বলা যাইতে পারে। মেসিনের কোন একটি পোলার দুই পাশে এককপ যে দুইটি উদাসীন অক্ষ কল্পনা কব হয়, তাহাদের মধ্যবর্তী আর্মচারের উপবিভাগের অংশটি ঐ পোলার চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিৎ।

(৪) ল্যাপ ও ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের ব্যবহার (Uses of Lap and Wave Windings)

সাধারণ একটি ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ে কেবলমাত্র দুইটি প্যার্যালেল-সার্কিট বা বাতায় থাকে বলিয়া, কয়েকেব সমাখ্য সমান হইলেও, এই ওয়াইণ্ডিংয়ে ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং অপেক্ষা অধিক সমাখ্য পরিবাহী সম্বন্ধে প্রতিটি সার্কিটেই সংগত থাকে। তাই যে-সকল মেসিনের সাহায্যে অপেক্ষাকৃত অধিক ভোল্টেজে অল্প পরিমাণ বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপন্ন করা প্রয়োজন, তাহাদের পক্ষে এই ওয়াইণ্ডিং বিশেষ উপযোগী। এই সকল মেসিনে ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং ব্যবহার করিতে গেলে পরিবাহীর সমাখ্য বৃদ্ধি করিতে হয়। ইহাতে ওয়াইণ্ডিং করিবাব খরচ বৃদ্ধি পায় এবং সেই সঙ্গে মেসিনের কর্মক্ষমতারও অবনতি ঘটে।

ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ে বাব একটি বিশেষ সুবিধা এই যে, উহাব প্রতিটি সার্কিট মেসিনের সবকয়টি পোলার নাচ দিয়া একব, করিয়া ঘুরিয়া থাকে। তাই পোল-গুলির মধ্যে চুম্বক রেখা-প্রবাহের প্রবাহ কিছু কম-বেশী হইলে সকল সার্কিটেই তাহাব প্রভাব সমানভাবে পড়ে। সেইজন্যই এই ওয়াইণ্ডিংয়ে জিকোয়ালাইজার ব্যবহার কবার প্রয়োজন হয় না।

রেলওয়েতে দুইটি ব্রাশ-সেট লইয়া গঠিত যে সকল মোটর ব্যবহার করা হয়, তাহাদের আবেচাবেই ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের ব্যবহার সমাপেক্ষা বেশী দেখা যায়।

কিন্তু যে-সকল কাজে অপেক্ষাকৃত কম ভোল্টেজে অধিক পরিমাণ কারেন্ট ও অধিক পরিমাণ বৈদ্যুতিক শক্তির প্রয়োজন হয়, সেই সকল কাজে ব্যবহৃত মেসিনসমূহের পক্ষে ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংই অধিকতর উপযোগী। বিশেষতঃ বড় বড় মেসিনের সাহায্যে যেখানে প্রচুর পরিমাণ কারেন্ট উৎপন্ন করা প্রয়োজন, সেখানে ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ের ব্যবহার একান্তভাবে অপরিহার্য। এই ওয়াইণ্ডিংয়ে অধিক সমাখ্য প্যার্যালেল-সার্কিট পাওয়া যায় বলিয়া উৎপন্ন তড়িৎ-প্রবাহের মোট পরিমাণ বেশী হইলেও

প্রতি রাস্তায় কারেন্ট কম রাখা চলে ; ফলে চলিবার সময় মেশিন কম গরম হয়, আর আর্মেচারে তড়িৎ-চাপের ঘাটতিও অপেক্ষাকৃত কম হইয়া থাকে।

(৫) ল্যাপ ও ওয়েভ ওয়াইন্ডিংয়ের মধ্যে পার্থক্য (Differences between Lap and Wave Windings)

ল্যাপ ওয়াইন্ডিং

১। পরিবাহীর সংযোগ আর্মেচারের পশ্চাদদিকে আগাইয়া যায়, কিন্তু সম্মুখ দিকে পিছাইয়া আসে।

২। পশ্চাতের পিচ কখনই সম্মুখের পিচের সমান হইতে পারে না, বড় কিংবা ছোট হয়।

৩। একটি সাধারণ একহাবা ওয়াইন্ডিংয়ে প্যার্যালেল মার্কিটের সংখ্যা পোলের সংখ্যার সমান থাকে। বহুহাবা ওয়াইন্ডিংয়ের ক্ষেত্রে প্যার্যালেল-মার্কিট বা রাস্তার সংখ্যা ওয়াইন্ডিংয়ের সংখ্যা ও পোলের সংখ্যা, এই উভয়ের গুণফলের সমান হয়।

৪। যে-কোন জোড় সংখ্যক পরিবাহীর সাহায্যে একটি একহাবা ওয়াইন্ডিং করা যায়।

৫। বিভিন্ন প্যার্যালেল-রাস্তার মধ্যে তড়িৎ-চাপের সমতা বজায় রাখার জন্য আর্মেচারের পশ্চাদদিকে কয়েলের সহিত ঈকোয়ালাইজার সংযোগ করার প্রয়োজন হয়।

৬। মেশিনে যতগুলি পোল থাকে, কম্যুটেটারের উপর ততগুলি বাশ বসাইতে হয়।

৭। অপেক্ষাকৃত কম ভোল্টেজ বেশী কারেন্ট উৎপন্ন হয়।

ওয়েভ ওয়াইন্ডিং

১। পরিবাহীর সংযোগ আর্মেচারের পশ্চাৎ ও সম্মুখ, উভয় দিকেই ক্রমাগত অগ্রসর হইতে থাকে।

২। প্রয়োজনবোধে পশ্চাতের পিচকে সম্মুখের পিচে সমান করাও চলে।

৩। একটি সাধারণ একহাবা ওয়াইন্ডিংয়ে প্যার্যালেল-মার্কিটের সংখ্যা সবদিকই দুই থাকে। বহুহাবা ওয়াইন্ডিংয়ের ক্ষেত্রে প্যার্যালেল-রাস্তার সংখ্যা ওয়াইন্ডিংয়ের সংখ্যার দ্বিগুণ হয়।

৪। যে-কোন জোড় সংখ্যক পরিবাহীর সাহায্যে ওয়াইন্ডিং করা চলে না। একহাবা ওয়াইন্ডিংয়ের ক্ষেত্রে গড়-পড়ত পিচ = $\frac{\text{পাঁজের মোট সংখ্যা}}{2} \pm 2$ পোলের মোট সংখ্যা, হওয়া আবশ্যক।

৫। আর্মেচার কয়েলের সহিত ঈকোয়ালাইজার সংযোগ করার প্রয়োজন হয় না।

৬। মেশিনে যতগুলি পোল থাকে, কম্যুটেটারের উপর ততগুলি বাশও থাকিতে পারে, আবার কেবলমাত্র দুইটি বাশের সাহায্যেও কাজ চলিতে পারে।

৭। অপেক্ষাকৃত বেশী ভোল্টেজে কম কারেন্ট উৎপন্ন হয়।

১-৫। ডি. সি. জেনারেটরে কম্যুটেটরের গঠন (Construction of Commutator in a D. C. Generator)

(১) কম্যুটেটর-সেগমেন্ট (Commutator-Segments)

কম্যুটেটরে ব্যবহারের জন্ম তামার সেগমেন্ট বা খণ্ড অনেক প্রকারে তৈরী করা যাইতে পারে। দুইটি দুইটি সেগমেন্টের মাঝে একখানি কবিতা অশ্রব (mica) পাড় দিয়া কন্সট্রাক্ট তৈরী হয়। সেগমেন্টগুলি স্ফাথ্র (tapering)। প্রথমে বিশুদ্ধ কড়া তামাব (pure hard drawn copper) রঙের পলক করিয়া হাতুড়ি দিয়া পিটাউয়া দবকাবমত মোটামুটি চওড়া আব স্ফাথ্র কবিতা লওয়া হয়, পরে উকো (file) দিয়া ঘষিলে বা মিলিং মেশিনে পবিস্কার কবিতা লইলে উহা একেবারে মসৃণ আব সমান হইয়া যায়। তখন এই বডকে প্রয়োজন অংশে একটু বেশী লম্বা বাগিয়া টুকরা টুকরা করিয়া কাটিয়া লওয়া হয়, আব এই আকারে অনেক টুকরাগুলিও কাটা দিয়া কাটা হয়। অশ্রব টুকরাগুলি সব এক বকম মোটা হওয়া প্রয়োজন। সাধারণতঃ প্রতিটি টুকরা প্রায় ত্রু হাঁক মোটা থাকে। হতাব পর স্ফাথ্র তামাব টুকরাগুলিকে কম্যুটেটরের আকারে সাহায্যে ববাবেব গাল (rubber band) দিয়া বাধা হয়, আব ত্রু ত্রু টুকরাব মাঝখানে একটি কায়া অশ্রব টুকরা পবাহা দেওয়া হয়।

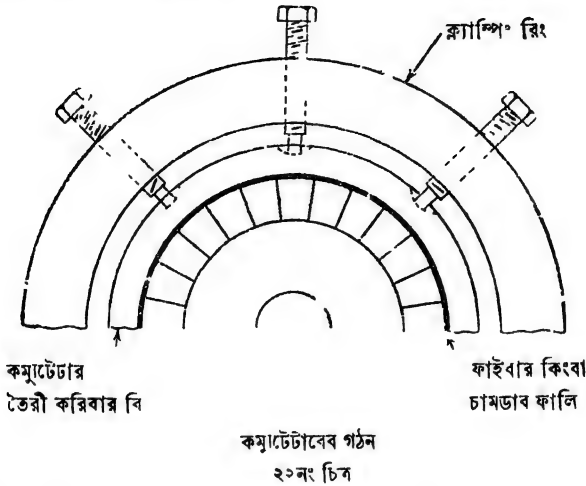
(২) অশ্রব ইনসুলেশন বা অন্তরণ (Mica Insulation)

অশ্রব অনেক বকমেব আছে। বিভিন্ন বকম অশ্রব গুণগুণিবিভিন্ন প্রকার। কোনও অশ্রব ধব্ধবে সাদা, কোনটায় সন্জ বডেব খাভা, আবাব কোনটা বা পাঁশুটে বডেব। ইনসুলেশনেব কাজে সাদা অশ্রব গুণগুণিবিভিন্ন প্রকার এক দোষ এহু যে, অতিশয় কড়া বলিয়া বেশী চাপ লাগিলে সাদা অশ্রব ভাঙি যায়। আমোবকা আব আমাদেব এই দেশে যথেষ্ট অশ্রব পাওয়া যায়। দেশ অশ্রব কড়া বালয়া বেশী চাপ সহ্য কবিতো পারে না। সেইজন্ম এই অশ্রব সেগমেন্টের মাঝেব অশ্রব হতাবে ব্যবহৃত হয় না, হতাব ছাবা পাশেব বি'গুলি তৈরী হত। সেগমেন্টের মাঝে অন্তরণ হিসাবে পাঁশুটে বডেব বা সন্জ বডেব অশ্রব ব্যবহৃত বনা গন, কাবণ এহু গুলি অপেক্ষাকৃত নরম বালয়া বেশী চাপ সহ্য কবিতো পারে। এহু অশ্রব টুকরা গুলি যাহাতে সকল জায়গায় সমান চওড়া হয়, সেই বিষয়ে লম্বা বাগা প্রয়োজন তাত ৭৬ বড কম্যুটেটর তৈরী করিবার সময় মিলিং মেশিনেব সাহায্যে এহু টুকরাগুলিকে অনেক সময় সমান কবিতা লওয়া হয়।

(৩) কম্যুটেটরের গঠন (Construction of Commutator)

কম্যুটেটরের ভিতবে যত বড ছিদ্র থাকে, সেইমত ব্যাসেব একটি রড (rod) লইয়া তাহার উপরে একটি একটি করিয়া সেগমেন্ট বসাইয়া ববাবের ফালি দিয়া বাধা হয়। ইহার পর দুইটি দুইটি সেগমেন্টের মধ্যে একটি করিয়া অনেক টুকরা ঢুকাইয়া

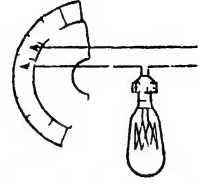
দেওয়া হয়। পরে কম্বুটেটার তৈরী করিবার রিংয়ের উপর ঐ সেগমেন্টের টুকরাগুলি সাজাইয়া, আর তাহাদের উপরে পাতলা ফাইবার (fibre sheet) অথবা চামড়ার একটি ফালি বিছাইয়া দিয়া, ক্ল্যাম্পিং রিং (clamping ring) পরাইয়া সমান করিয়া ক্ল্যাম্পিং আঁটিতে হয় (২২নং চিত্র)। আঁটিবার সময় সবগুলি ক্ল্যাম্প একটু একটু করিয়া ঠিক একই পনিমাণে কষিতে হয়।



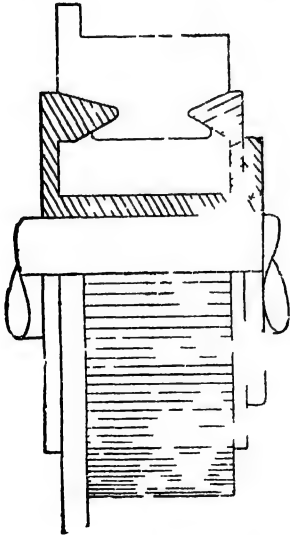
ক্ল্যাম্পিং করিবার সময় কোনটা কম বা বেশী ঠাইলে কম্বুটেটার ঠিকমত গোল হয় না; সেইজন্য ক্ল্যাম্পিং আঁটিবার সময় বিশেষ সাবধান হওয়া দরকার। যাহাতে সব ক্ল্যাম্পগুলিই ঠিক সমান করিয়া আঁটি হয়, সেইজন্য মাঝে মাঝে মাপিয়া দেখা উচিত। ক্ল্যাম্পিং রিং আর কম্বুটেটার তৈরী করিবার রিং, উভয়কেই লেদে টার্ণ করিয়া লওয়ার দরকার হয়। এক-একবার ক্ল্যাম্পগুলি সিকি পাক, অথবা এক পাকের আট ভাগের এক ভাগ, করিয়া ঘুরানোই ভাল। যখন এইভাবে ক্ল্যাম্পগুলি আঁটি হইতে থাকে, তখন কম্বুটেটারকে গরম করিয়া লইতে হয়। গরম করিবার তাপ প্রায় ১৫০ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত দেওয়া যাইতে পারে। যাহাতে অভ্রের অন্তরণগুলি সেগমেন্টের গায়ে বেশ ভাল করিয়া আঁটিয়া ধরে, সেইজন্য অভ্রের গায়ে গালা আর “কোপ্যাল ভার্ণিশ” মাখিয়া লইলে ভাল হয়। গরম করিলে ইহা হইতে জলীয় ভাগ বাষ্প হইয়া উড়িয়া যায়, তখন তামার সেগমেন্টের গায়ে অভ্র খুব শক্ত করিয়া আঁটিয়া ধরে।

কম্বুটেটারকে আন্তে আন্তে গরম করা অতিশয় প্রয়োজন; কেননা, তাড়াতাড়ি গরম করিলে তামা আর লোহার ভিতরের দিকটায় আর্দ্রতা জমিয়া যায়, আর ভার্ণিশ তাহা টানিয়া লয়। ফলে আর্দ্রতা ভিতরেই থাকিয়া যায়। আর যদি কোন প্রকারে সামান্য তেল সেখানে ঢুকিতে পায়, তবে উহা অভ্রের অন্তরণের যথেষ্ট ক্ষতি করে।

কম্যুটেটাব গবম কবিবাব সঙ্গে সঙ্গে একটু একটু কবিয়া জু আটা চলিতে থাকে। যখন আব জু আটা যায় না, তখন কম্যুটেটাবে দুই পাশেব V-এব আকাবাব খাঁজ দুইটি আব ভিতবেব ছিটটি লেদে তুলিয়া কাটিয়া লওয়া হয়। পবে বৈদ্যুতিক বাতি কিংবা ঘটাৰ সাহায্যে পৰীক্ষা কৰা যাব দেখা হয় কম্যুটেটাবেব কোন সেগ্মেণ্টেব সহিত অৱস্থিত কোন সেগ্মেণ্ট ঠেকিয়া গিয়াছে কিনা, অৰ্থাৎ দুই সেগ্মেণ্টেব মধ্যে সৰ্ট-সাবকিট হইয়াছে কিনা (২০নং চিত্ৰ)। যদি পাশাপাশি অবস্থিত দুইটি সেগ্মেণ্টেব গায়ে বৈদ্যুতিক বাতি কিংবা ঘটাৰ তাৰ স্পৰ্শ কৰিলে বাতি জলে কিংবা ঘটা বাতিয়া নষ্টে তৰে বুঝিতে হইব যে উহাতে সৰ্ট-সাবকিট আছে। আব যদি বাতি না জলে কিংবা ঘটা না বাজে, তাৰ বুঝিতে হইব যে সেই দুইটি সেগ্মেণ্টেব মধ্য সৰ্ট সাবকিট নাই। এইভাবে একে একে সমস্ত সেগ্মেণ্টগুলি পৰীক্ষা কৰিবা। যখন দেখা যায় যে, তাহাদেব কাহাবও মধ্যে সৰ্ট সাবকিট নাই, তখন কম্যুটেটাবেব দুই পাশে প্রথম দুইখানি অপৰে বি দিয়া পবে দুইখানি লোহাৰ বি প্যাচ কবিয়া ঠাটিয়া দওয়া হয়। যে বুশেৰ উপৰে কম্যুটেটাবেব সেগ্মেণ্ট গুলি গলে, জনেব সময় তাহাব একদিকে একটা ব্ৰাঞ্জ (Hange) তাহাবই সঙ্গে তৈৰী কৰা থাক। তখন বেবলমাত্ৰ অৱস্থাপাশে একখানি বি দিলেই চাল



ইলেকট্রিক বাতিৰ সাহায্যে কম্যুটেটাবেৰ পৰীক্ষা: বাতি খলিলে বুঝিতে হইবে সৰ্ট-সাবকিট আছে নাই চিত্ৰ



কম্যুটেটাবেৰ কৰ্তিত ছবি
(Sectional view)

২৪নং চিত্ৰ

২৪নং চিত্ৰে দেখানো হইয়াছে।

চলিতে চলিতে কম্যুটেটাবেৰ উপৰটা অসমান পি বা উদ্ধৃক হইয়া গেলে, লেদে

কম্যুটেটাবেৰ উপৰে ব্ৰাঞ্জ বি বাৰা সন্তুষ্ট হইয়াত সৰ্ট সাবকিট পৰীক্ষা কৰা সম্ভব হয় সেইজন্যই সেগ্মেণ্টগুলিৰ উপৰে পাতলা চামড়া বা ফাইবাৰেব দানি পাৰ্শ্ব দিতে হয়। এই বকম না কৰিলে সেগ্মেণ্ট গুলি থকা অবস্থায় সেগ্মেণ্টগুলি পৰীক্ষা কৰিবাব উপায় থাকে না। পাশেব বি ভাল কৰিয়া আটা হইয়া গেলে ব্ৰাঞ্জ বি আব কম্যুটেটাব তৈৰী কবিবাব বি দুইটি খুলিয়া লওয়া হয়। সব-শেষে কম্যুটেটাবেৰ আৰু চাব শাকটেৰ উপৰ বসাইয়া, যখন আমোচাব কোব টাৰ্ণ কৰা হয়, তখন উহাৰ সহিত কম্যুটেটাবেৰ উপৰিভাগও (অৰ্থাৎ যেখানে ব্রাশ বসে) টাৰ্ণ কৰিয়া পৰীক্ষা কৰা হয়। পবে সাদা শিৰিষ কাগজ দিয়া মাজিয়া দিলেই কম্যুটেটাব তৈৰী সম্পূৰ্ণ হয়। একটি সম্পূৰ্ণ কম্যুটেটাবেৰ কৰ্তিত অংশ

তুলিয়া উঠাকে কাটিয়া সমান করিয়া লইতে হয়। এই রকম করিয়া বার বার কাটিতে কাটিতে ক্রমেই কম্বাটেটার পাতলা হইয়া আসে, আর অবশেষে গরম হইতে আরম্ভ করে। এই অবস্থায় কম্বাটেটারকে বদলাইয়া ফেলিতে হয়। কম্বাটেটারকে কাটিয়া কতটা পাতলা করা যায় তাহা বুঝাইবার জন্য কোন একটি কম্বাটেটার-সেগ্‌মেণ্টের পাশে একটি ছোট বিন্দু কিংবা কম্বাটেটারের পাশে একটি বৃত্ত কাটা থাকা উচিত। কাটিতে কাটিতে ততদূর পর্যন্ত আসিলে কম্বাটেটারকে আর পাতলা করিতে নাই, করিলে কম্বাটেটার গরম হইবে।

সাধারণতঃ আর্গেচারের ব্যাস যত, কম্বাটেটারের ব্যাস তাহার শতকরা ৬৫ হইতে ৭৫ ভাগ পর্যন্ত হয়। এই ব্যাসের উল্লম্বীমা নিভব করে মেনিন মিনিটে যত পাক ঘোরে তাহার উপর। নিম্ন এই যে, কম্বাটেটারের পরিধি যত ফুট, যদি তাহাকে প্রতি মিনিটের পাকের সংখ্যা (r.p.m) দিয়া গুণ করা যায়, তবে সেই গুণফল যেন ২৫০০ অপেক্ষা বেশী না হয়। কম্বাটেটার-সেগ্‌মেণ্টের সংখ্যা আর্গেচারের ওয়ার্ডিংয়ের রকম (যেমন একহার, দুইহার ইত্যাদি) আর প্রতিটি প্যারালেল-রাশায় অবস্থিত ডিড্‌স চাপের পরিমাণ—এই দুইয়ের উপর নির্ভরশীল। প্রতি সেগ্‌মেণ্টে ডিড্‌স-চাপ যেন ১০ হইতে ১৫ ভোল্টের অধিক না হয়। প্রতিটি সেগ্‌মেণ্ট মোটামুটি ১ ইঞ্চি ৮ ওড়া হওয়া আবশ্যিক, নইলে মজবুত হয় না। আবার চলিতে চলিতে কম্বাটেটার উল্লম্বক হইয়া যায় বলিয়া উঠাকে যে মাঝে মাঝে টার্ণ করিয়া লইতে হয়, সেইজন্য সেগ্‌মেণ্টের ‘দল’ (depth) গুণতঃ ১ ইঞ্চি হওয়া প্রয়োজন। সচরাচর কম্বাটেটার টার্ণ করিবার জন্য ১ ইঞ্চি ‘দল’-ই রাখা হয়।

কম্বাটেটারের উপরে প্রশ চাপিয়া বসানো থাকিলে, বাশের দুইধারে একটু করিয়া আঁচিয়া থাকিলে, খান খানচার দূরত্বের সময় লম্বালম্বি একটি ‘থেলতা’ (axial play or end-play) থাকিলে, এই সকল হিসাব করিয়া কম্বাটেটারের অক্ষীয় দৈর্ঘ্য (axial length) ঠিক করা হয়। বাশের দুইধারে কতটা জায়গা থাকিলে, তাহার কোন নির্দিষ্ট হিসাব নাই। মোটামুটি ১ ইঞ্চি থাকিলেই যথেষ্ট; ছোট মেনিনে ইহা অপেক্ষা কম থাকিলেও চলে। তবে খোলা সাধারণতঃ ১ ইঞ্চি হইতে ১ ইঞ্চি পর্যন্ত দেওয়া থাকে, আব ইহা আংশীয় পয়োজনীয়। কারণ মেনিন যখন চলিতে থাকে, তখন বাশের সাঁহত গনবরত ঘর্ষণের ফলে কম্বাটেটারের মাঝখানে ক্ষয় পাওয়ার দরুন গহ হইয়া যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। আর্গেচার যদি লম্বালম্বি দিকে একটু থেলতা পায়, তবে এত ক্ষয় কম্বাটেটারের উপরিভাগে সব জায়গা জুড়িয়া সমানভাবে হয়; তখন কেবল মাঝখানেটি ক্ষয় পাইয়া কোন গতির সৃষ্টি করে না।

কম্বাটেটার হইতে উৎপন্ন তাপ কি পরিমাণে বিকীর্ণ হইবে, তাহা কতকটা উহার অক্ষীয় দিকের উপর নির্ভর করে। সমস্ত হিসাবের পর দেখিতে হয় কম্বাটেটার একাদিক্রমে প্রা লোড লইয়া চলিলে অতিরিক্ত গরম হইয়া উঠিতে পারে কি না। আর্গেচারের মত এক্ষেত্রেও পিচ যত বেশী হয়, কম্বাটেটার ততই কম গরম হয়।

(৪) কম্যুটেটর-সেগ্‌মেন্টের 'রাইজার' (Risers of the Commutator Segments)

কম্যুটেটর-সেগ্‌মেন্টের যে উচু অংশের উপর আর্মেচার-ওয়াইন্ডিংয়ের লুপ ঝালাই করা থাকে, তাহার নাম 'রাইজার' (riser)। ছোট মেশিনে সেগ্‌মেন্টের সঙ্গে একই চাঙ্গর হইতে রাইজার কাটিয়া বাহির করা হয়, কিন্তু মেশিন বড় হইলে এখানে অন্য একটি টুকরা জুড়িয়া দিতে হয়। শাফট হইতে আর্মেচারের লুপ ঘটটা উঠতে থাকে, রাইজারের উচ্চতাও ততটা হওয়া প্রয়োজন, নইলে বড় মেশিনের পরিবাহীকে বাঁকাইয়া রাইজারের সহিত ঝালাই করিতে অস্ববিধা হয়। তবে ছোট মেশিনের ক্ষেত্রে ইহার উচ্চতা সম্বন্ধে কোন বাঁধা-ধরা নিয়ম নাই।

১-৬। ডি. সি. আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ (E. M. F. Induced in D. C. Armatures)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, যখন একটি পরিবাহী কোন চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে বৃত্তাকারে ঘুরিতে থাকে, তখন বলবেখা ছেদন করিবার জন্য উহাতে ষ্ট্রে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয় তাহার পরিমাণ

$$e = B l v \text{ ভোল্ট [উপক্রমণিকা (১-৪)]}$$

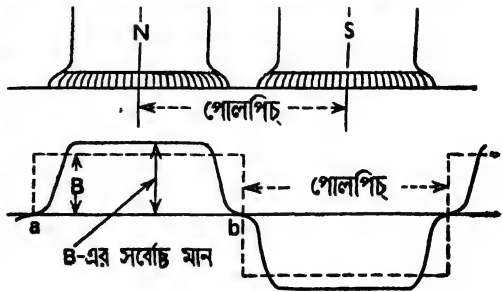
মেশিনটি যদি একটি জেনারেটর হয়, তবে

B-দ্বারা উহার প্রতি পোলের চুম্বক রেখা-প্রবাহের গড়-পড়তা ঘনত্ব বুঝানো হয় (২৫নং চিত্র)। ফী-এর প্রতি বর্গমিটার আয়তনের মধ্যে যত ওয়েবার বলরেখা পাওয়া যায়, ইহাৰ মান তত ওয়েবার (weber per square metre) হইবে, l-দ্বারা বুঝানো হয় আর্মেচারের প্রতিটি পরিবাহীর কার্যকরী দৈর্ঘ্য (অর্থাৎ দৈর্ঘের যতটা অংশ বলরেখা কতন করে), ইহাৰ একক মিটার (metre) হইবে,

আর v-দ্বারা বুঝানো হয় আর্মেচারের গতিবেগের হার (velocity), অর্থাৎ আর্মেচার যে গতিবেগে ঘোরে, সেই গতিবেগে যদি উহা কোন রাস্তায় সোজা সরু চলিত, তবে প্রতি সেকেন্ডে উহা যত মিটার দূরত্ব অতিক্রম করিতে পারিত v-এর মান তত মিটার হইবে (metre per second)।

২৫নং চিত্রে একটি জেনারেটরের পোল-পিচ ab-দ্বারা দেখানো হইয়াছে। মনে কর

এই পোল-পিচের দূরত্ব ab মিটার, আর এই দূরত্ব অতিক্রম করিতে আর্মেচারের



২৫নং চিত্র

‘t’ সেকেন্ড সময়ের প্রয়োজন হয়। এখন, যেহেতু ডি. সি. আর্মেচারকে সর্বদাই এক নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘুরানো হয়, অতএব

$$v = \frac{ab}{t} \text{ মিটার (প্রতি সেকেন্ডে)}$$

$$\text{হইবে, আর } e = Bl \frac{(ab)}{t} \text{ ভোল্ট}$$

হইবে। যদি প্রত্যেক পোল উৎপন্ন চুম্বক বলরেখার মোট সংখ্যাকে ϕ -দ্বারা নির্দেশ করা যায়, তবে

$$\phi = Bl(ab) \text{ ওয়েবাব}$$

হইবে (কারণ $l \times ab =$ প্রতি পোলার দ্বারা উৎপন্ন চুম্বক-ক্ষেত্রের আয়তন এবং $B =$ বেগা-প্রবাহের ঘনত্ব, আর যে-কোন চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখার মোট সংখ্যা উহার আয়তন ও বেগা-প্রবাহের ঘনত্বের গুণফলের সমান)। সুতরাং

$$e = \frac{\phi}{t} \text{ ভোল্ট}$$

হইবে। এখন মনে কর, আর্মেচার প্রতি মিনিটে যত পাক ঘোরে তাহার সংখ্যা ‘N’ (r. p. m.)। অতএব এক পাক ঘুরিতে আর্মেচারে $\frac{1}{N}$ মিনিট বা $\frac{60}{N}$ সেকেন্ড সময় প্রয়োজন হইবে, আর এক পাক ঘুরিলেই আর্মেচার মেসিনের সবকয়টি পোলকে একবার প্রদক্ষিণ করিয়া আসিতে পারিবে। সুতরাং মেসিনে যদি ‘P’-সংখ্যক পোল থাকে, তবে এক পোল-পিচ দূরত্ব বা ab মিটার অতিক্রম করিতে আর্মেচারের $\frac{60}{NP}$ সেকেন্ড সময় লাগিবে, অর্থাৎ

$$t = \frac{60}{NP} \text{ সেকেন্ড, আর}$$

$$e = \frac{\phi}{\frac{60}{NP}} = \phi \frac{N}{60} \cdot P \text{ ভোল্ট}$$

$$NP$$

হইবে।

এতক্ষণ আর্মেচারেব একটিমাত্র পরিবাহীর কথা বলা হইয়াছে। কিন্তু যে-কোন আর্মেচারের গাঙ্গেই বহু সংখ্যক পরিবাহী বসানো থাকে। অতএব মনে কর, আর্মেচারের পরিবাহীর মোট সংখ্যা ‘Z’, আর আর্মেচার-ওয়াইণ্ডিংয়ের প্যারালেল-রাশার মোট সংখ্যা ‘A’। সুতরাং প্রতিটি রাশায় যতগুলি পরিবাহী সিরিজে সংযুক্ত থাকিবে, তাহাদের সংখ্যা $\frac{Z}{A}$ হইবে। এখন, আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের মোট পরিমাণ প্রতিটি প্যারালেল-রাশায় উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের সমান বলিয়া, এই আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ

$$E = e \times \frac{Z}{A} \text{ ভোল্ট}$$

হইবে, অর্থাৎ

$$E = \phi \cdot \frac{N}{60} \cdot P \cdot \frac{Z}{A} = \frac{\phi ZNP}{60A} \text{ ভোল্ট}$$

হইবে। ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে $A = P$, আর ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে $A = 2$ ধরিতে হইবে।

উদাহরণ ১৩। কোন ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং যুক্ত ডাইনামোতে ৪টি পোল আছে, আর প্রতি পোলে ০.০৫ ওয়েবার চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন হয়। আর্মেচারে সর্বসম্মত ৫৬০টি পরিবাহী আছে আর তাহা প্রতি মিনিটে ৯৬০ পাক ঘোরে। এই অবস্থায় ডাইনামো কত ভোল্ট তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করিবে ?

$$\begin{aligned}\text{এখানে } \phi &= ০.০৫ \text{ ওয়েবার} \\ Z &= ৫৬০ \\ N &= ৯৬০ \text{ (r.p.m.)} \\ P &= ৪ \\ A &= ৪ \text{ (ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং বলিয়া)}\end{aligned}$$

সুতরাং আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ

$$\begin{aligned}E &= \frac{\phi Z N P}{\phi \cdot A} \\ &= \frac{০.০৫ \times ৫৬০ \times ৯৬০ \times ৪}{৬০ \times ৪} \\ &= ৪৯৮ \text{ ভোল্ট।}\end{aligned}$$

উদাহরণ ১৪। একটি ২-পোলার ডাইনামোতে প্রতি পোলে ০.০০৫ ওয়েবার চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন হয়। আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিং ৪০টি কয়েল লইয়া গঠিত, আর প্রতিটি কয়েলে ১০টি করিয়া টার্ণ আছে। যদি এই মেশিনে ১২০ ভোল্ট তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, তবে আর্মেচারের গতিবেগ কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

$$\begin{aligned}\text{এখানে } \phi &= ০.০০৫ \text{ ওয়েবার} \\ \text{কয়েলের প্রতি টার্ণের দুই দিক দুইটি পরিবাহী হিসাবে কাজ করে বলিয়া} \\ Z &= ৪০ \times ১০ \times ২ = ৮০০ \\ P &= ২\end{aligned}$$

মেশিনে কেবলমাত্র দুইটি পোল থাকায় ওয়াইণ্ডিং ল্যাপ অথবা গ্রেভেড যাহাই হউক না কেন

$$\begin{aligned}A &= ২ \\ E &= ১২০ \text{ ভোল্ট}\end{aligned}$$

$$\text{এখন, } E = \frac{\phi Z N P}{\phi \cdot A} \text{ ভোল্ট}$$

$$\therefore N = \frac{E \times \phi \cdot A}{\phi Z P} = \frac{১২০ \times ৬০ \times ২}{০.০০৫ \times ৮০০ \times ২}$$

$$= ১৮০০ \text{ আর. পি. এম. (Revolutions per minute),}$$

অর্থাৎ আর্মেচার প্রতি মিনিটে ১৮০০ পাক ঘুরিবে।

উদাহরণ ১-৫। একটি ৬-পোলার ডি সি. জেনারেটর ২৫৬ ভোল্ট তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করে। জেনারেটরের আর্মেচারে ১৬০টি খাঁজ আছে, আর প্রতি খাঁজে ৪টি করিয়া পরিবাহী আছে। যদি এই সকল পরিবাহী লইয়া একটি ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং গঠিত হয় এবং আর্মেচারকে যদি প্রতি মিনিটে ৫০০ পাক ঘুরানো যায়, তবে মেশিনের প্রতি পোলে কত ওয়েবার চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন হইবে ?

এখানে $E = ২৫৬$ ভোল্ট

$$Z = ১৬০ \times ৪ = ৬৪০$$

$N = ৫০০$ আব পি. এম.

$$P = ৬$$

$A = ২$ (ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং বলিয়া)

এখন, $E = \frac{\phi Z N P}{১০ A}$ ভোল্ট

$$\text{'সুতরাং'} \phi = \frac{E \times ১০ A}{Z N P} = \frac{২৫৬ \times ৬০ \times ২}{৬৪০ \times ৫০০ \times ৬}$$

০.০১৬ ওয়েবার বা ১৬ মিলিওয়েবার।

উদাহরণ ১-৬। একটি ৪৫-কিলোওয়াট, ৪৩৫-ভোল্ট, ৪ পোলার ডি সি. মোটর প্রতি মিনিটে ৬০০ পাক ঘোরে। মোটরের আর্মেচার ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং যুক্ত এবং তাহাতে ৪০টি খাঁজ আছে। যদি মেশিনের প্রতি পোল ২৮.২ মিলিওয়েবার চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন করে, তবে প্রতি খাঁজে কয়টি করিয়া পরিবাহী আছে, তাহা নির্ণয় কর।

যেহেতু ডি. সি. জেনারেটর আর ডি. সি. মোটর অভিন্ন মেশিন, তাই মোটর চলিবার সময় উহাব আর্মেচারেও তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, আর এই তড়িৎ-চাপ জেনারেটরেরেব অনুরূপ। সুতরাং একই স্তরের সাহায্যে এই তড়িৎ-চাপও নির্ণয় করা যায়। আবার, যেহেতু আর্মেচারেব ওয়াইণ্ডিং কয়েলের সাহায্যে করা হয়, আর প্রত্যেকটি কয়েলের দুই দিক দুইটি পরিবাহী হিসাবে কাজ করে, অতএব আর্মেচারের মোট পরিবাহীর সংখ্যা সর্বদাই পূর্ণ সংখ্যা ও জোড় সংখ্যা হইবে।

এখানে, $\phi = ২৮.২$ মিলিওয়েবার

$$= \frac{২৮.২}{১০০০} \text{ ওয়েবার} = ০.০২৮২ \text{ ওয়েবার}$$

$$N = ৬০০$$

$$P = ৪$$

$A = ২$ (ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং বলিয়া)

$$E = ৪৩৫ \text{ ভোল্ট}$$

এই উদাহরণের পক্ষে ৪৫-কিলোওয়াট সংখ্যাটি প্রয়োজনীয় নহে।

$$\text{এখন, } E = \frac{\phi ZNP}{60A} \text{ ভোল্ট}$$

$$\text{সুতরাং } Z = \frac{E \times 60A}{\phi NP} = \frac{835 \times 60 \times 2}{0.0272 \times 600 \times 8}$$

$$= 992 \text{।}$$

অতএব প্রতি গাজে পরিবাহীর সংখ্যা।

$$= \frac{Z}{\text{খাঁজের মোট সংখ্যা}} = \frac{992}{83}$$

$$= 11.94 \text{।}$$

উদাহরণ ১-৭। একটি ৪-পোল বিশিষ্ট জেনারেটরের প্রতি পোল ৬০ মিলিওয়েবার চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন করে। জেনারেটরের আর্মেচারে ৯০টি খাঁজ আছে, আর প্রত্যেক খাঁজে ৬টি করিয়া পরিবাহী আছে। আর্মেচার যদি প্রতি মিনিটে ১৫০০ পাক ঘোরে, তবে উহাতে কত ভোল্ট তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হইবে?

যদি আর্মেচারের প্রত্যেকটি পরিবাহী দিয়া ১০০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তবে জেনারেটর মোট কত কিলোওয়াট বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপন্ন করিবে?

জেনারেটরের আর্মেচার ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং যুক্ত।

এখানে $\phi = 60$ মিলিওয়েবার

$$= \frac{60}{1000} \text{ ওয়েবার} = 0.06 \text{ ওয়েবার}$$

$$Z = 2 \times 6 = 12$$

$$N = 1500$$

$$P = 4$$

$$A = 8 \text{ (ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং বলিয়া)}$$

$$\therefore E = \frac{\phi ZNP}{60A} = \frac{0.06 \times 12 \times 1500 \times 8}{60 \times 8}$$

$$= 120 \text{ ভোল্ট।}$$

ওয়াইণ্ডিংয়ের প্রতিটি প্যারালেল-রাশায় যে-কয়টি পরিবাহী আছে, তাহার। সিরিজে সংযুক্ত। অতএব প্রত্যেকটি প্যারালেল-রাশা দিয়াই ১০০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হইবে। সুতরাং জেনারেটরের মোট কারেন্ট

$I = 100 \times A = 100 \times 8 = 800$ অ্যাম্পিয়ার, আর উৎপন্ন বৈদ্যুতিক শক্তির পরিমাণ

$$\frac{E \times I}{1000} = \frac{120 \times 800}{1000}$$

$$= 96 \text{ কিলোওয়াট।}$$

প্রশ্নমালা

১। ডি. সি. মেশিনের প্রধান অংশগুলির নাম লিখ এবং উহাদের মধ্যে কোন অংশগুলি বৈদ্যুতিক সার্কিট গঠন করে এবং কোন অংশগুলি চুম্বকীয় সার্কিট গঠন করে বল।

২। ডি. সি. মেশিনের আর্মেচার কোরটি যদি নিরেট বস্তুর দ্বারা গঠিত হয়, তবে কি ক্ষতি সাধন হতে পারে?

৩। ডি. সি. আর্মেচারে প্রধানতঃ যে দুই প্রকার ওয়ার্টিং ব্যবহার করা হয়, তাহা কি কি? আর্মেচারে কম্যুটেটার ব্যবহার করিবার প্রয়োজন হয় কেন?

৪। ল্যাপ ও ওয়েভ ওয়ার্টিংয়ের মধ্যে যে-সকল পার্থক্য দেখা যায়, তাহাদের উল্লেখ কর। কোন ওয়ার্টিং কোন কাজের পক্ষে উপযোগী তাহা বুঝাইয়া বল।

৫। স্ক্রোয়ালারজি কি কি উদ্দেশ্যে ব্যবহার করা হয়? ওয়েভ ওয়ার্টিংয়ের ক্ষেত্রে ইহা ব্যবহার করিবার প্রয়োজন হয় না কেন?

৬। * নিম্নলিখিতগুলির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও :--

(১) পক্ষান্তর পিচ, (২) সংশ্লেষ পিচ, (৩) গড়-পড় তা পিচ, (৪) প্রোগ্রেসিভ ওয়ার্টিং, (৫) রেটোগ্রেসিভ ওয়ার্টিং, (৬) বহুবাণ বা মাল্টিপ্লেক্স ওয়ার্টিং।

৭। বহু পাণবাহী সমগ্রত কয়েল (multiple coil) বলিতে কি বুঝায়? ডি. সি. আর্মেচারে ওয়ার্টিংয়ে এই প্রকার কয়েল ব্যবহার করিবার প্রয়োজন কি?

৮। একটি ল্যাপ ওয়ার্টিংয়ের ক্ষেত্রে কি কি মৌলিক শত মানিয়া চলিতে হয়, তাহা বল।

৯। একটি দুই-পোলার আর্মেচারে ৫১টি খাজ আছে, আর প্রতি খাজে ১২টি কণিকা পরিবাহী আছে। চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রতি পোল ১ ওয়েবের বলরেখা উৎপন্ন করে। যদি আর্মেচারে ১১০-ভোল্ট তড়িৎ চাপ আবিষ্ট হয়, তবে মেশিনের গতিবেগ কত হইবে? (উ প্রতি মিনিটে ১১১৬ পাক)

১০। একটি ৬ পোলার ডাইনামো প্রতি মিনিটে ১১০০ পাক ঘোরে। ডাইনামোর আর্মেচার ল্যাপ ওয়ার্টিং যুক্ত। এই আর্মেচারে ৫৫টি খাজ গাব প্রতি খাজে ৮টি কণিকা পরিবাহী আছে। যদি প্রতি পোলে ৬৫ মিলিওয়েবের চুম্বক বলবেশা উৎপন্ন হয়, তবে আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কত হইবে? (উ ৬৬০ ভোল্ট)

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

আর্মেচার-চুম্বকত্বের প্রতিক্রিয়া

ও

আর্মেচারে তড়িৎ-প্রবাহের দিক-পরিবর্তন

(Armature Reaction and Commutation)

২.১। আর্মেচার চুম্বকত্বের প্রতিক্রিয়া (Armature Reaction)

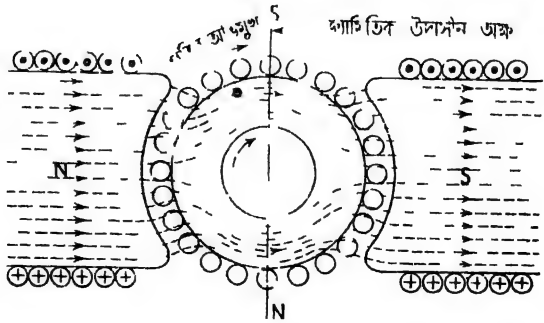
একটি ডি সি মোসন, উহা ডাইনামোই ইউক বি এ মোটরই ইউক, যতক্ষণ চলে, ততক্ষণ উহা আর্মেচার কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে। ইহাতে আর্মেচার একটি তড়িৎ চুম্বক পবিত্র হয় এন নিজস্ব একটি চুম্বক-ক্ষেত্র সৃষ্টি কবে। এই চুম্বক-ক্ষেত্র ফীডের চুম্বক-ক্ষেত্রের খব নিকটে অবস্থিত বলিয়া তাহার উপর প্রভুত প্রভাব বিস্তার করিবে সম্ভব হয়। ফীডের চুম্বক-ক্ষেত্রের উপর আর্মেচারের চুম্বক-ক্ষেত্রের এই প্রভাবকেই ইংরেজিতে “আর্মেচার রিয়াকশন” (Armature Reaction) এ বলাস “আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া” বলে।

নাম্বা ২৬নং চিত্রে একটি দুই পোল গ্যালনা জেনারেটরের নক্সা দেওয়া হইয়াছে। এই নক্সায় মেসিনের উত্তর ও দক্ষিণ মেরু যথাক্রমে N ও S দ্বারা, আর্মেচার-কোব উত্তর মেরুর মধ্যে অবস্থিত একটি বড় বৃত্তের দ্বারা এন আর্মেচারের পবিত্রাধীসমূহ বড় বৃত্তের চারিদিকে ছোট ছোট গুণ্ডালির দ্বারা চিহ্নিত আছে। চিত্রে উপরের দিকে পজিটিভ ব্রাশ আর নীচের দিকে নেগেটিভ ব্রাশ বাহিয়াছে।

এখন মনে কব, আর্মেচারটি স্থির অবস্থায় আছে, আর উহা কয়েল দিয়া

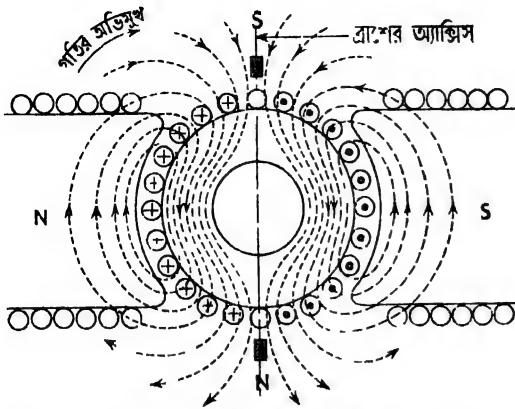
কোন তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছে না, ফলে আর্মে-

চার কোন চুম্বক-ক্ষেত্রও উৎপন্ন করিতেছে না। এই অবস্থায় যদি শুধু ফীড-কয়েলে কারেন্ট দেওয়া যায়, তবে ফীডের চুম্বক রেখা-প্রবাহ উত্তর মেরু হইতে বাহির হইয়া যেভাবে দক্ষিণ মেরুর দিকে যাইবে, তাহাই ২৬(ক)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।



২৬(ক)নং চিত্র : আর্মেচার-কয়েলে কোন তড়িৎ নাহ, কিন্তু ফীড-কয়েলে দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছে।

এইবার ২৬ (খ)নং চিত্রটি লক্ষ্য কর। আর্মেচার-কয়েলে পূরা লোড-কারেন্ট দিয়া যদি উহাকে দক্ষিণাবর্তে ঘুরানো যায়, আর ফীল্ড-কয়েল দিয়া কারেন্ট পাঠানো যদি বন্ধ থাকে, তবে আর্মেচার-একটি



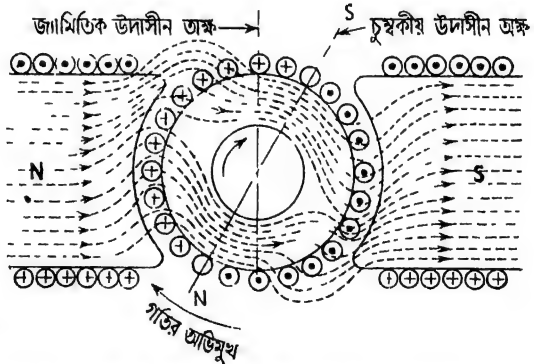
২৬(খ)নং চিত্র : ফীল্ড-কয়েলে কোন কারেন্ট নাহি, কিন্তু আর্মেচার-কয়েলে দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছে।

তড়িৎ-চুম্বকে পরিণত হইয়া। যে-সমস্ত বলরেখা উৎপন্ন করিবে, এই চিত্রে তাহাদের গতিপথ আর অবস্থানই দেখানো হইয়াছে। এখন যদি (ক) ও (খ) চিত্র দুইটি তুলনা কর তবে বুঝিতে পারিবে যে, আর্মেচারের চুম্বক-রেখা ফীল্ডের চুম্বক-রেখার সহিত আড়াআড়ি-ভাবে অবস্থিত।

কিন্তু জেনারেটর যখন

লোড-সার্কিটে বিদ্যুৎ সরবরাহ করে, তখন ফীল্ড-কয়েল ও আর্মেচার-কয়েল, উভয়ের মধ্য দিয়াই তড়িৎ

প্রবাহিত হইতে থাকে, ফলে উভয়েই চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন করে। আড়াআড়ি-ভাবে অবস্থিত এই দুই রেখা-প্রবাহ তখন একত্রিত হইয়া মিলিত বলরেখা সৃষ্টি করে, আর ঐ মিলিত বলরেখা জেনারেটর যে দিকে ঘুরিতে থাকে সেই দিকে বাঁকিয়া যায়। ২৬(গ) নং চিত্রে ইহাই দেখানো হইয়াছে।



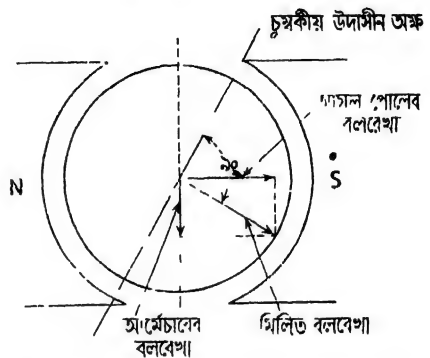
২৬(গ)নং চিত্র : আর্মেচার-কয়েল এবং ফীল্ড-কয়েল, উভয়ের মধ্য দিয়াই তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছে।

এই সমস্ত আলোচনা হইতে অতএব ইহাই বুঝা গেল যে, যখন কোন জেনারেটর বাহিরের বর্তনীতে তড়িৎ সরবরাহ করিতে থাকে, তখন আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার দরুন উহার চুম্বক-ক্ষেত্রের মিলিত বলরেখা মেনিন যেদিকে ঘোরে সেই দিকে বাঁকিয়া যায়। আর মেনিনটি যদি একটা মোটর হয়, তবে এই সমস্ত রেখা ঠিক তাহার বিপরীত দিকে বাঁকে।

(ক) ব্রাশের অবস্থানের পরিবর্তন (Shift of Brushes)

ব্রাশের অবস্থান সম্বন্ধে ইতিপূর্বে বলা হইয়াছে যে, পাশাপাশি অবস্থিত দুই দুই পোলের মাঝখান দিয়া একটি রেখা টানিয়া তাহার সহিত ৯০ ডিগ্রীতে যদি একটি লম্ব তোলা যায়, তবে সেই লম্বের উপরই অর্থাৎ জ্যামিতিক উদাসীন অক্ষের উপরই ব্রাশ বসাইবার জায়গা। কিন্তু এই জায়গা ব্রাশ বসাইবার পক্ষে ততক্ষণই উপযুক্ত থাকে, যতক্ষণ মেসিনের আর্মেচার-কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত না হয়। আর্মেচারে কারেন্ট প্রবাহিত হইতে আরম্ভ করিলেই মেসিনের মিলিত চুম্বক-ক্ষেত্র বাঁকিয়া যায়, আর সেই সঙ্গে ব্রাশ বসাইবার জায়গাও পরিবর্তিত হয়। কি জেনারেটর আর কি মোটর,

লোড যত বেশী হয়, ব্রাশের অবস্থানও তত বদলায়। যদি লোড-অন্তর্যায়ী কম্যুটেটারের উপর ঠিক ভায়ায় ব্রাশ বসানো থাকে, তবে কম্যুটেটারে আগুন দেখা যায় না, নইলে লোড যত বেশী হয়, আগুনও তত বেশী দেখা দিতে থাকে। ব্রাশকে দরকারমত যাহাতে এদিক-ওদিক ঘুবানো যায়, সেইজন্য বিশেষ ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয়। এই ব্যবস্থার নাম “ব্রাশ-রকটার” (brush rocker)। কোন জেনারেটরে লোড বৃদ্ধি পাওয়ার ফলে যখন উঠাব কম্যুটেটাবে আগুন দেখা আবশ্যক হয়, তখন সেই আগুন বন্ধ করিতে হইলে



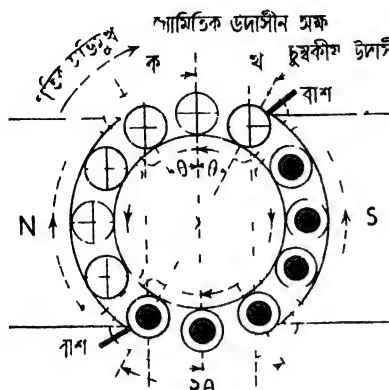
মিলিত বলবেগা বাঁকিয়া যাওয়াতে চুম্বকীয় উদাসীন অক্ষ জ্যামিতিক উদাসীন অক্ষ হইতে মেসিন যেদিকে ঘোরে সেইদিকে সরিয়া গিয়াছে।

১৭৭ চিত্র

মেসিন যেদিকে ঘোরে, একারকে উপযুক্ত মত সেই দিকে ঘুরাইয়া দিতে হয়, আর মেসিনটি যদি একটি মোটর হয়, তবে বকারকে উঠাব উঠাদিকে ঘুবাইতে হয়। যে অবস্থানে ব্রাশ বসাইলে কম্যুটেটারে আগুন দেখা বন্ধ হয়, তাহাকে “চুম্বকীয় উদাসীন অক্ষ” বা ইংরেজিতে “ম্যাগনেটিক নিউট্রাল অ্যাক্সিস” (Magnetic Neutral Axis) বলে। মেসিনের মিলিত বলবেগাব সহিত সমকোণ করিয়া আর্মেচার-বৃত্তের কেন্দ্র দিয়া যদি একটি সরলরেখা টানা যায়, তবে উহাই চুম্বকীয় উদাসীন অক্ষ হইবে। ইহা ১৭৭ চিত্রে দেখানো হইয়াছে। যখন মেসিন লোড-শূন্য অবস্থায় হালকাভাবে চলে, তখন উহার জ্যামিতিক উদাসীন অক্ষ চুম্বকীয় উদাসীন অক্ষের সহিত প্রায় মিশিয়া থাকে। কিন্তু যখনই মেসিন লোড নিয়া চলিতে আরম্ভ করে, তখনই দুইটি অক্ষের অবস্থান আলাদা হইয়া যায়, আর অধিক পরিমাণ লোড সংযুক্ত হওয়ার পরে ব্রাশকে যদি সরাইয়া দেওয়া না হয়, তবে কম্যুটেটারে আগুন দিতে থাকে।

(খ) আৰ্মেচাৰেৰ প্ৰতিক্ৰিয়ায় চুম্বকত্ব হ্ৰাস ও চুম্বক-ৰেখাৰ বিকৃতি (Demagnetising and Cross-magnetising Components of Armature Reaction)

মেসিনেৰ লোড বৃদ্ধি পাওঁদাৰ সময় ব্ৰাশকে প্ৰয়োজনমত ঘূৰাইয়া দিলে। কমাটেটাবে আগুন দেওৱা বন্ধ হয় বটে কিন্তু তখন আৰাৰ দুইটি নতুন উপসৰ্গেৰ উৎপত্তি হয়। ২৮(ক)ন চিত্ৰটি এফা কৰিলে ইহা বুঝিতে পাৰিব।



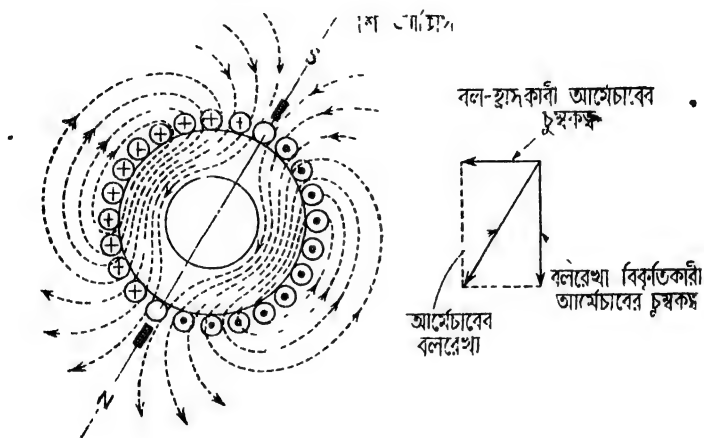
আ নচাৰেৰ ব্রাশ দুটাকৈ ডাৰ্মিতিক উদাসীন অক্ষ হৈছে।
সৱাত্ৰ চুম্বকীয় উদাসীন অক্ষৰ উপৰ বৰা নো হওঁদা।
২৮(ক)ন চিত্ৰ

তুলনা কৰিলে দেখা যাইবে যে, শেষোক্ত চিত্ৰে ২৭ন ব্ৰাশগুলি দুই পোলেৰ মধ্যবৰ্তী স্থানে ছিল, তখন উহাৰা যে সকল পৰিবাহীৰ উপৰে ছিল তখন তাহা হইতে সৰিয়া গিয়াছে। তহাতে চাৰিটি বিভিন্ন মণ্ডল (Zone) আৰ্মেচাৰেৰ পৰিবাহীসমূহ বিভক্ত হইব। পড়িগাচে, যথা—

- (১) উত্তৰ মেৰুৰ সংশ্ৰৱণ অৱস্থিত পৰিবাহীসমূহ
- (২) দক্ষিণ মেৰুৰ সংশ্ৰৱণ অৱস্থিত পৰিবাহীসমূহ,
- (৩) উত্তৰ ও দক্ষিণ মেৰুৰ মধ্য উপলেৰ দিকে অৱস্থিত পৰিবাহীসমূহ এৰ
- (৪) উত্তৰ ও দক্ষিণ মেৰুৰ মধ্য নীচৰ দিকে অৱস্থিত পৰিবাহীসমূহ।

ভলিগাৰে দেখাইবাব জন্তু ২৮ ক ন চিত্ৰ 'ক' ও 'খ' এই দুইটি দাড়া বেথ টান হইয়াছে। ক বেথাৰ বাঁদিকে আৰ খ বেথাৰ ডান্দিকে যে সকল পৰিবাহী অৱস্থিত, তাহাদেৰ ভিত্তৰ দিশ। তড়িৎ পৰাচী হওঁদাৰ ফল যে বলবেথাৰ সৃষ্টি হয়, তাহা ফীল্ডেৰ বলবেথাকে আড়াআড়িভাবে অতিক্ৰম কৰে। এই বলবেথাকে 'আৰ্মেচাৰেৰ প্ৰতিক্ৰিয়াৰ আড়াআড়িভাবে অৱস্থিত অংশ' (Cross magnetising Component of Armature Reaction) বলে। আৰ্মেচাৰেৰ চুম্বকত্বৰ এই অংশেৰ প্ৰভাৱে মেসিনেৰ সমবেত চুম্বক ক্ষেত্ৰ বাঁকিয়া যায় (distorted হয়) বলিয়া ইহাকে "আৰ্মেচাৰেৰ প্ৰতিক্ৰিয়াৰ চুম্বক বেথা বিকৃতিকাৰী (distorting) অংশ"ও বলা

হইয়া থাকে। আর ক ও খ রেখাদ্বয়ের মধ্যবর্তী অংশে উপরে ও নীচে যে-সকল পরিবাহী অবস্থিত তাহাদের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার ফলে আর্মেচার-কোরে যে চুম্বক বলরেখার উৎপত্তি হয়, তাহাদের অভিমুখ (direction) ফীল্ডের বলরেখার বিপরীত দিকে থাকে। ইহাতে যেসব চুম্বক-ক্ষেত্রের তেজ কতক পরিমাণে কমিয়া যায় (demagnetised হয়), আর সেইজন্যই ইহাকে “আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার চুম্বক বল-হাসকারী অংশ” (Demagnetising Component of Armature Reaction) বলে। যেদিন তৈরী পরিকল্পনা কবিরার সময় এই বিষয়টি মনে রাখিয়া উপযুক্ত এমন সংখ্যক পরিবাহী আর্মেচারে দিতে হয়, যাহাতে পুরা লোড-সহ চলিলেও ডাইনামোতে উৎপন্ন ভোল্টেজ প্রয়োজন অপেক্ষা যেন কম না হয়। আর্মেচার-চুম্বকত্বের এই দুই অংশ নাচে ১৮৭নং চিত্রে দেখানো হইল।



১৮৭ নং চিত্র

পাঁচপাঁচ অবস্থিত দুই পোলকে মধ্যবর্তী অক্ষবেলা হইতে ব্রাশকে আনতনের দিকে যত ডিগ্রী আগাইয়া দেওয়া যায়, তাহাকে ব্রাশের “লীড” (lead) বলে। আর আনতনের বিপরীতে পিছাইয়া দেওয়াকে “ল্যাগ” (lag) বলে। ব্রাশের লীড যত ডিগ্রী হয়, তাহার দ্বিগুণ পরিমাণ কোণের মধ্যে আর্মেচারের দত্তগুলি থাকি পাকে, তাহার চুম্বক ক্ষেত্রকে বলহীন করে। ইহাব পরিমাণ নিম্নলিখিত উপায়ে হিসাব করা যায় :

মনে কর, কোন আর্মেচারে Z সংখ্যক পরিবাহী আছে, আর বাশকে θ -জ্যামিতিক ডিগ্রী আগাইয়া দেওয়া হইয়াছে। ইহাতে প্রত্যেক পোলে যে চুম্বক বল-হাসকারী মণ্ডলের (demagnetising zone) উৎপত্তি হইবে তাহা $\frac{2\theta}{360}$ ডিগ্রীর সমান হইবে, আর সেই মণ্ডলে অবস্থিত আর্মেচারের পরিবাহীর সংখ্যা $\frac{2\theta Z}{360}$ হইবে। যেহেতু দুইটি পরিবাহী একত্র হইয়া একপাকের একটি কয়েল তৈরী করে, গতএব প্রত্যেক পোলে চুম্বক বল-হাসকারী কয়েলের

পাকের সংখ্যা $\frac{\theta Z}{\text{৩৬০}}$ হইবে। এখন, এই সকল পরিবাহী দিয়া যদি I_c অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে, তবে প্রতি পোলে চুম্বক বল-হ্রাসকারী কয়েলের অ্যাম্পিয়ার-টার্ন (demagnetising ampere-turns per pole) $\frac{\theta Z I_c}{\text{৩৬০}}$ হইবে।

কিন্তু আর্মেচারের মোট কারেন্ট যদি I_a অ্যাম্পিয়ার হয়, আর উহার ওয়াইণ্ডিংয়ে যদি A -সংখ্যক প্যাভালেল-রাস্তা থাকে, তবে

$$I_c = \frac{I_a}{A} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হইবে। সুতরাং প্রতি পোলে চুম্বক বল-হ্রাসকারী অ্যাম্পিয়ার-টার্ন $= \frac{\theta Z I_a}{\text{৩৬০}} \times A$ হইবে।

এইবার মনে কর, মেন্সনে P সংখ্যক পোল আছে। গতএব প্রত্যেক পোলে আর্মেচারের মোট অ্যাম্পিয়ার-টার্ন $\frac{Z I_c}{2P}$ হইবে। এহ অ্যাম্পিয়ার-টার্ন হইতে চুম্বক

বল-হ্রাসকারী অ্যাম্পিয়ার-টার্ন বাদ দিলে বাকী যাহা থাকিবে, তাহা অবশুই প্রতি পোলে চুম্বক-বেগা বিকৃতিকারী অ্যাম্পিয়ার-টার্ন (distorting or cross-magnetising ampere-turns per pole) হইবে। সুতরাং প্রতি পোলে চুম্বক-বেগা

বিকৃতিকারী অ্যাম্পিয়ার-টার্ন $= \frac{Z I_c}{2P} - \frac{\theta Z I_c}{\text{৩৬০}}$ হইবে। I -এর স্থলে $\frac{I_a}{A}$ বসাইলে এহ অ্যাম্পিয়ার-টার্ন

$$= \frac{Z I_a}{2PA} - \frac{\theta Z I_a}{\text{৩৬০} A} = \frac{Z I_a}{A} \left(\frac{1}{2P} - \frac{\theta}{\text{৩৬০}} \right) \text{ হইবে।}$$

উদাহরণ ২-১। একটি ৪-পোলের ডাইনামোতে ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংযুক্ত আর্মেচার আছে। আর্মেচারের মোট পরিবাহীর সংখ্যা ৮০০, আর পুরা লোডসহ চলিবার সময় আর্মেচার দিয়া ১০০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়। যদি এই ডাইনামোর ব্রাশকে ৫ ডিগ্রী অ্যাংগাইয়া দেওয়া যায়, তবে আর্মেচারের প্রতি পোলে কত বল-হ্রাসকারী চুম্বকত্ব, আর কত বলবেগা বিকৃতিকারী চুম্বকত্ব উৎপন্ন হইবে?

এখানে $P = ৪$

$A = ৪$ (ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং বলিয়া)

$Z = ৮০০$

$I_a = ১০০$

$\theta = ৫$ ডিগ্রী

প্রতি পোলে বল-হ্রাসকারী চুম্বকত্বের পরিমাণ $= \frac{\theta Z I_a}{\text{৩৬০} A} = \frac{৫ \times ৮০০ \times ১০০}{\text{৩৬০} \times ৪}$

$$= ২৭৮ \text{ অ্যাম্পিয়ার-টার্ন।}$$

প্রতি পোলে বলবেগা বিকৃতিকারী চুম্বকত্বের পরিমাণ $= \frac{Z I_a}{A} \left(\frac{1}{2P} - \frac{\theta}{\text{৩৬০}} \right)$

$$= \frac{৮০০ \times ১০০}{৪} \left(\frac{1}{২ \times ৪} - \frac{৫}{\text{৩৬০}} \right) = ২২২১ \text{ অ্যাম্পিয়ার-টার্ন।}$$

যখন মেশিন পুরা লোডসহ চলে, তখন চুম্বকত্বের পরিমাণ হ্রাস পায় বলিয়া ফীল্ড-কয়েলের তারের পাক হিসাব করিবার সময় প্রতি কয়েলে $\frac{\theta Z}{360}$ পাক তার বেশী জুড়াইতে হয়।

২-২। আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া অপনোদন করিবার বিভিন্ন পদ্ধতি (Different Methods of Neutralising Armature Reaction)

উন্নতমানের পরিকল্পনার দ্বারা যে-কোন ডি. সি. মেশিনে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ায় অনিষ্টকর প্রভাব বহুলাংশে, এমন কি সম্পূর্ণরূপেও, দূর করা যায়। এই উদ্দেশ্যে মেশিন তৈরী করিবার সময় যে-সকল পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়, তাহাদের নিয়ে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল :

(ক) হাওয়ার ফাঁকের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি করা (Increasing the length of the air-gap)

ডি. সি. মেশিনে পোল আর আর্মেচারের মধ্যে যে ফাঁক থাকে, পোলের ঠিক অগ্রভাগে তাহার দৈর্ঘ্য বাড়াইয়া দিলে মেশিনের মধ্যে অগ্নাত্ত জায়গা অপেক্ষা ঐ স্থানে চুম্বকীয় প্রতিবন্ধ (reluctance) বেশী হয়। এই প্রতিবন্ধ অতিক্রম করিয়া চুম্বক রেখা-প্রবাহ পাঠাইতে গেলে তখন ফীল্ড-কয়েলে বেশী অ্যাম্পিয়ার-টার্নের প্রয়োজন দেখা দেয়। হাওয়ার চুম্বক-ভেদ্যতা (permeability) খুব কম বলিয়া ফাঁকের দৈর্ঘ্য বাড়াইলেই প্রতি পোলে চুম্বকীকরণ বল অধিক হইয়া পড়ে। সেইজন্য যে-সকল জেনারেটরে ফাঁকের দৈর্ঘ্য বেশী রাখা থাকে, তাহাদের আর্মেচারের অ্যাম্পিয়ার-টার্ন ফীল্ডের অ্যাম্পিয়ার-টার্নের তুলনায় নগণ্য হয়। ইহাতে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া খুব ক্ষীণ হয়, আর তাহা ফাঁকের চুম্বক রেখা-প্রবাহকে টানি না একদিকে বাঁকাইয়া দিতে পারে না।

সাধারণতঃ পোলের অগ্রভাগের কিছু অংশ কাটিয় ফেলিয়া বা অথ কোন উপায়ে পোল-শু আর আর্মেচার-কোরের মধ্যে ফাঁকের দৈর্ঘ্য বাড়ানো হইয়া থাকে। এই প্রকার ব্যবস্থায় আর্মেচারের বলরেখা বিকৃতিকারী চুম্বকত্ব প্রায় সম্পূর্ণরূপে বিনষ্ট করা যায়। 'ইন্টারপোল' (interpoles) আবিষ্কারের পূর্বে এই পদ্ধতিই প্রতিটি ডি. সি. মেশিনে ব্যবহার করা হইত।

(খ) কম্পেন্সেটিং ওয়াইন্ডিংয়ের ব্যবহার (Use of Compensating Winding)

আর্মেচার-চুম্বকত্বের বলরেখা ফীল্ড-চুম্বকের বলরেখা হইতে আলাদাভাবে অবস্থান করে বলিয়া, শেষোক্ত রেখা-প্রবাহের কোনরূপ ক্ষতিসাধন না করিয়া, বিপরীতমুখী বলরেখার সাহায্যে প্রথমোক্ত রেখা-প্রবাহ বিনষ্ট করা যায়। এই কাজ ঠিক কিভাবে করিতে হয়, তাহা এখন সংক্ষেপে বলা হইতেছে :

যাহাতে ঠিকমত কার্যকর হয়, সেইজন্য আর্মেচার-চুম্বকীকরণ বলের (armature m. m. f.) ঠিক সমান ও বিপরীতমুখী আর একটি চুম্বকীকরণ বল সৃষ্টি করা

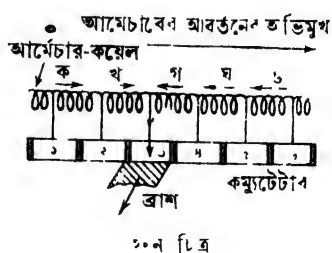
বিকৃতিকারী প্রতিক্রিয়া অপরিবর্তিত থাকিলেও উহার চুম্বক বল-হ্রাসকারী প্রতিক্রিয়া সম্পূর্ণরূপে বিনষ্ট হয়।

ডি. সি. মেসিনে ঈন্টারপোল ব্যবহার করিলে প্রচুর স্তবিধা পাওয়া যায়। পবে এই সম্বন্ধে বিস্তারিত আলোচনা করা হইয়াছে।

২-৩। কম্যুটেশন বা আর্মেচার কারেন্টের দিক পরিবর্তন (Commutation)

ডি. সি. জেনারেটোর সম্বন্ধে পবেই বলা হইয়াছে যে, উহার আর্মেচারের প্রতিটি কয়েলে যে তড়িৎ-চাপ আর তড়িৎ প্রবাহ উৎপন্ন হয়, তাহা অন্তঃপ্রতি। আর্মেচারের অন্তঃপ্রতি তড়িৎ-প্রবাহ বাহিবের বর্ণনীতে যাহাতে সবদা একই দিকে প্রবাহিত হইতে পারে, সেহজন্য কন্ম্যুটেটর প্রয়োজন। এই প্রক্রিয়া সাহায্যে খুব অল্প সময়ের মধ্যে প্রতিটি কয়েলে তড়িৎ প্রবাহ দিক পরিবর্তন করে, আর যে প্রক্রিয়াতে আর্মেচারে উৎপন্ন সমস্ত তড়িৎ বাহিবের বর্ণনীতে পেরিত হয়, সে উভয় প্রক্রিয়াকেই একত্রে 'ইন্টার্কাম্মুটেটেশন' বলে। মেসিন পরিচালনার সময় গায়েচাবে কন্ম্যুটেটর কাজ কিভাবে চলিতে থাকে, তাহা ৩নং, ৪নং ও ৫নং চিত্র তিনটি সাহায্যে বুঝানো হইয়াছে।

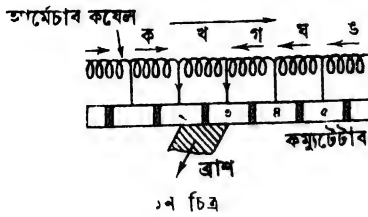
ডি. সি. মেসিন হইতে তড়িৎ বাহিব মধ্যস্থিত বাহিবের বর্ণনীতে যায়, আবার বাহিবের মধ্যস্থিত তাহা মেসিনে পরিণত আসে। বাহিব কন্ম্যুটেটর-সেগ্মেন্টের উপর চাপিয়া বসানে পাবে, আর পল্যক সেগ্মেন্টে বাহিবের একটি কয়েলের শেষের প্রান্ত হাব অথবা এনটি কয়েলের গোড়াকার প্রান্ত একসঙ্গে পড়া থাকে। এখন মনে কর, কোন একটি বাহিব মধ্যস্থিত তড়িৎ বাহিব হইয়া আসিতেছে। ৩নং চিত্র হইতে দেখা যাইবে যে, এই কয়েলটি ৩নং কন্ম্যুটেটর-সেগ্মেন্ট দিয়া বাহিব আসিতেছে, আর সেহ সেগ্মেন্টের প্রতি আর্মেচার-কয়েল খ-এব শেষের প্রান্ত এবং গ-এব গোড়াকার প্রান্ত একত্রে ঝালাই করা থাকায় খ-কয়েল দিয়া তড়িৎ বাদিক হইতে ডানদিকে, আর গ-কয়েল দিয়া তড়িৎ ডানদিক হইতে বামদিকে আসিতেছে।



প্রত্যেক আর্মেচার-কয়েলে একই আয়তনের হাব সমান সংখ্যক পাবে জড়ানো থাকে বলিয়া প্রত্যেক কয়েলেরই রোধ বা রেজিস্ট্যান্স সমান, আর যে কোন দুইটি বাহিবের মধ্যে সমান সংখ্যক আর্মেচার কয়েল থাকে বলিয়া এক বাহিব হইতে অপর বাহিবের মধ্যে আর্মেচার-সার্কিটের অর্থাৎ প্রতিটি পার্য্যালেল-রাশির রোধও সমান হয়।

সুত্বা* ব্রাশ দিয়া যত তড়িৎ বাহিব হইয়া যায়, তাহাব অৰ্ধেক বাদিকেব বাঙ্গা দিয়া আব বাকী অৰ্ধেক ডানদিকেব বাঙ্গা দিয়া প্রবাহিত হইয়া আসে।

৩০ন চিত্রে দেখানো হইয়াছে যে, কম্যুটেটাবেব সহিত আৰ্মেচাৰ একত্রে বাদিক হইলে ডানদিকে বুবিতেছে। সুত্বা* প্রতি মুহূর্তেই কম্যুটেটাব একটু একটু কবিয়া ডানদিকে সবিয়া যাইব। মনে কব, সামান্য কিছুক্ষণ পবে ৩১ন চিত্রে যেকপ দেখানো

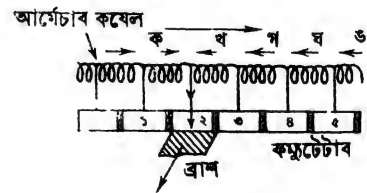


১০ চিত্র

হইয়াছে, সেইভাবে কম্যুটেটাবেব উপব ব্রাশটি অবস্থিত আছে। এখানে দেখা যাইবে যে, ব্রাশ ২ন° সেগ্মেন্টেব মাঝামাঝি আব ৩ন° সেগ্মেন্টেব মাঝামাঝি জায়গায় বহিয়াছে। ফলে বাদিক হইতে তড়িৎ ২ন° সেগ্মেন্ট দিয়া গাব ডানদিক হইত ৩ন° সেগ্মেন্ট

দিয়া বাহি আসিতেছে। কিন্তু এখানেও থ বসল দিয়া কোন তড়িৎ আসিবাব প্রয়োজন হইতেনা। এহ গবপানে থ কয়েলেব সর্ট সাবকিট হব স্থা বাল। কম্যুটেটাবেব সমগ যে কয়েলে সর্ট সাবকিট হব, তাহাতে কোন কাৰেট প্রবাহিত হয় না।

ইহাবও সামান্য কিছুক্ষণ পবেব অবস্থা ৩২ন চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এখানে দেখা যাইতেছে যে, ২ন° কম্যুটেটাবেব সেগ্মেন্ট দিয়া তড়িৎ ব্রাশে যাহতছে, আব সেই তড়িৎ বাদিক হইতে ক বাঙ্গা দিয়া ও ডানদিক হইতে থ কয়েল দিয়া আসিতেছে, অর্থাৎ থ কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহেব অভিন্ন বিপরীত হইয়া গিয়াছে। তাহাবই ইংৰাজিতে ‘কম্যুটেশন’ বলে। কম্যুটেশন কথাটির অর্থ ‘দিক পৰিবর্তন’। তড়িৎ প্রবাহেব এহ দিক পৰিবর্তন সচাৰুভাবে সম্পন্ন না হইলে কম্যুটেটাবে আগুন দেয়, অর্থাৎ যে মুহূর্তে কোন একটি কম্যুটেটাবে সেগ্মেন্ট ব্রাশেব অগ্রভাগ হইতে বাহিব হইয়া যায়, সেই মুহূর্তে যে আৰ্মেচাৰ কয়েলটির সর্ট



৩১ চিত্র

সাবকিট শেষ হয়, সেই কয়েল দিয়া পূর্বব বিপরীত দিকে পূবা কাৰেট প্রবাহিত হওয়া চাই। যদি কাৰেট প্রবাহেব পূবা কোন প্রতিবন্ধক স্থিতি হয় (কিংবা যদি কোন কাৰেটে উপযুক্ত কাৰেট অপেক্ষা বেশী কাৰেট প্রবাহিত হয়), তবে ব্রাশেব সঙ্গে ছাড়াছাড়ি হইবাব সময় সেই সেগ্মেন্টে আগুন দিবে।

মেশিন চলিবাব সময় যে-সকল কাৰেণে কম্যুটেটাবে আগুন দেয়, আব যে সকল বিভিন্ন পদ্ধতি অবলম্বন কবিলে এই আগুন দেওয়া বন্ধ কবা যায়, তাহাদেব সম্বন্ধে নীচে আলাদাভাবে আলোচনা কবা হইল।

২-৪। কম্যুটেটোরে আগুন দেওয়া (Sparking at the Commutator)

বৈদ্যুতিক মেশিন এত জোর চলে যে, প্রতি সেকেন্ডে উহা বহু পাক ঘোরে। তাই এক-একটি কম্যুটেটাব-সেগমেন্টের ব্রাশের নীচে প্রবেশ করিতে আর সেখান হইতে বাহির হইয়া যাইতে খুব অল্প সময়ের প্রয়োজন হয়। কিন্তু এই অল্প সময়ের মধ্যেই আবার আর্মেচার-কয়েলে তড়িৎ-প্রবাহ দিক পরিবর্তন করে, ফলে ঐ কয়েলে এক বিকল্প তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। তড়িৎ-প্রবাহেব সহিত চুম্বক বলেরা অচ্ছেদ্যভাবে জড়িত। তড়িৎ-প্রবাহেব দ্রুত পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে চুম্বক বলেরাও দ্রুত পরিবর্তন ঘটিতে থাকে, আর সেই বলেরা কয়েলের পরিবাহীর দ্বারা কণ্ঠিত হয় বলিয়া তাহাতে বিপবাতমুখী তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। ইংরাজিতে এই তড়িৎ-চাপকে “রিয়াক্টিভ ভোল্টেজ” (reactance voltage) বলে। বাংলায় ইহাব নাম “প্রতিকরণ চাপ” দেওয়া যাইতে পারে।

এখন, মেশিন চলিবার সময় প্রধানতঃ যে দুইটি কারণে কম্যুটেটোরে আগুন দেখা দেয় তাহা এই যে—

(১) আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার জন্য মেশিনের চুম্বক বলেরা বিকল্পিত হয়, আর

(২) কম্যুটেটোরে সময় আর্মেচার কয়েলে রিয়াক্টিভ ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়।

মেশিনে ইন্টারপোল বা সহায়ক পোল ব্যবহার করিলে এই উভয় কারণই দূর করা সম্ভব হয়, কিন্তু ইহাতে আবার মেশিন তৈরার খরচ বৃদ্ধি পায়। সেইজন্য বহু ক্ষেত্রেই বা মোটরে ইন্টারপোল ব্যবহার করার পরিবর্তে অন্য কোন ব্যবস্থা অবলম্বন করা হইয়া থাকে।

২-৫। কম্যুটেশন উন্নত কলিবার বিভিন্ন পদ্ধতি (Commutation Improvement Methods)

কম্যুটেশনের সময় আর্মেচার-কয়েলে যে বিপবাতমুখী তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, যদি তাহাকে বাধা দেওয়া না যায় বা সম্পূর্ণরূপে বিনষ্ট করা না হয়, তবে কয়েলটি যে কম্যুটেটাব-সেগমেন্টের সহিত যুক্ত থাকে ব্রাশের সহিত তাহার ছাড়াছাড়ি হইবার সময় কম্যুটেটোরে আগুন দেখা দিবেই। কম্যুটেটোরে ক্রমাগত আগুন দিতে থাকিলে ব্রাশ ও কম্যুটেটাব উভয়েরই উপরিভাগ নষ্ট হইয়া যায়, আর পরিণামে গয়িবলয়ের দ্বারা আবৃত হওয়ার ফলে সেগমেন্টগুলিতে সর্শরাকিট দেখা দেয়। তাই মেশিন চলিবার সময় কম্যুটেটোরে যাহাতে আগুন না দেয় সেইজন্য নিম্নলিখিত ব্যবস্থা সমূহ অবলম্বন করা হইয়া থাকে—

(১) ব্রাশের রোধ বৃদ্ধি করা, অর্থাৎ রেজিস্ট্যান্স কম্যুটেশন, আর

(২) কম্যুটেশনের সময় যে কয়েলে সর্শরাকিট হয় তাহাতে উপযুক্ত তড়িৎ-চাপ সৃষ্টি করা, অর্থাৎ ই. এম. এফ. কম্যুটেশন। ই. এম. এফ. কম্যুটেশন আবার দুইভাবে করা যায়—

- (ক) ব্রাশকে জ্যামিতিক উদাসীন অক্ষ হইতে আগাইয়া দিয়া, আর
(খ) ইন্টারপোল ব্যবহার করিয়া।

(১) রেজিস্ট্যান্স কম্যুটেশন (Resistance Commutation)

কম্যুটেটারে আগুন দেওয়ার প্রতিকার করিতে ব্রাশের রোধ অনেক সাহায্য করে। এই কারণে আজকাল ক্যাপন ব্রাশের ব্যবহারই সর্বত্র প্রচলিত হইয়াছে। আগে আমাদের ব্রাশ ব্যবহার করা হইত। অনেক সময় আবার কতকগুলি আমাদের জাল একত্রে চাপ দিয়া, জমাটয়া, পবে সেই জমাট অংশ দবকাবমত আয়তনে কাটিয়া লইয়া, ব্রাশ করা হইত। কিন্তু এত সবল বাধেব রেজিস্ট্যান্স বা রোধ এত কম হইত যে, আর্মেচার কয়েল ব্রাশের দ্বারা সর্ট-সার্কিট হওয়ার সময় আয়াকুট্যান্স ভোল্টেজের দরুন কয়েলে ওভার-প্রবাহ বৃদ্ধি পাইয়া কম্যুটেটারে আগুন দিতে থাকিত। তাহা ছাড়া, আমরা ক্যাপন অপেক্ষা ক্যাপন এবং ক্যাপন মেসিন চর্জাবাব সময় কম্যুটেটারের সাহিত আমাদের ব্রাশের গুলনবৎ দরুন হওয়াতে কম্যুটেটারেব উপরিভাগও সহজে নষ্ট হইয়া যািত। আমাদের সাহিত 'গ্রাফাইট' (Graphite) মিশাইয়া এই অবস্থার কিছুটা প্রতিকার করা যায়। বটে, কিন্তু তাহাতে কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া বন্ধ হইত না। তাই বর্তমানে যে সকল মেসিনেব আর্মেচার কয়েল দিয়া খুব অল্প কারেন্ট প্রবাহিত হয়, সেই সকল ছোট ছোট মেসিনেই আমরা ব্রাশের ব্যবহার সাহায্যক হইয়া আছি।

ক্যাপন বাধেব প্রধান গুণ এই যে, ইহার বোব বেশী। যদিও এই কারণে আমরা অপেক্ষা ক্যাপনেব ক্ষেত্রে অপেক্ষাকৃত বড় আয়তনেব ব্রাশদরকার হয়। (কেন না, আমরা ব্রাশ দিয়া প্রায় বর্গ ইঞ্চিতে ১৫০ হইতে ২০০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হইতে পারে, আর ক্যাপন ব্রাশ দিয়া মাত্র ৪০ হইতে ৫০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়)। তথাপি অবিকার্য মেসিনে এই ব্রাশই ব্যবহার করা হইয়া থাকে। ক্যাপন ব্রাশ ব্যবহার করিলে কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া কি নাবে কমে। তাহা নিম্নে বলা হইল :

৩১নং চিত্রটি সজ্ঞা দাবলে দেখা যাউবে যে, আর্মেচারেব থ-কয়েলটি ব্রাশের দ্বারা সর্ট-সার্কিট হইয়াছে। আর্মেচার দাঁজগাবৎ ঘুরিতেছে, আর ব্রাশ দিয়া তড়িৎ বাহির হইয়া যাউতেছে। স্ততরা' ঠিক এত মুহূর্তে থ-কয়েল দিয়া কোন তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছে না। এই সময়ের পর হইতে প্রাতি মুহূর্তে ঐ কয়েলের মধ্য দিয়া যে তড়িৎ প্রবাহিত হইবে, তাহা আর্মেচারের ডানদিক হইতে আসবে, আর ক্রমেই সেই প্রবাহের পরিমাণ বৃদ্ধি পাইয়া যে-মুহূর্তে ২নং কম্যুটেটার-সেগ্মেন্ট বাদিকের কোণ হইতে ব্রাশেব ডানদিকের কোণে সরিয়া যাইবে, তখনই থ-কয়েল দিয়া পূর্ণ মাত্রায় তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকিবে, এবং তাহা ডানদিক হইতেই গামিবে। অতএব এতক্ষণে ঐ কয়েলের কম্যুটেশন বা তড়িৎ-প্রবাহের দিক পরিবর্তন সম্পূর্ণ হইল। যদি এই সময়ের মধ্যে থ-কয়েলের তড়িৎ-প্রবাহ পূর্ণ মাত্রায় ব্রাশ কারেন্টের অর্ধেক উন্নীত হইতে না পারে, তবে কম্যুটেটারে আগুন দিবে।

এখন, যে-মুহূর্তে খ-কয়েলে তড়িৎ ডানদিক হইতে প্রবাহিত হয়, তখন হইতেই উহা দুইটি পথ দিয়া ব্রাশে যাতায়াত করিতে থাকে—

(১) গ-কয়েল হইতে কয়েলের লুপ ধরিয়া ৩নং কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্ট দিয়া ব্রাশে আসিতে পারে, আর

(২) খ-কয়েল দিয়া কয়েলের লুপ ধরিয়া ২নং কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্ট দিয়া ঘুরিয়াও ব্রাশে আসিতে পারে।

কিন্তু কম্যুটেটার দক্ষিণাবর্তে ঘূরিবেছে বলিয়া প্রাচীন মুহূর্তে ব্রাশের সহিত ৩নং কম্যুটেটার-সেগ্‌মেণ্টের সংস্পর্শ কামতে থাকে, এবং ২নং-এব সংস্পর্শ বাঁড়িতে থাকে। বেশী বোজ্‌গ্যাসিওলা ক্যাবন ব্রাশ ব্যবহার করার ফলে যতই সংস্পর্শ কামতে থাকে, ততই সেই সারাকণ্টক বোজ্‌গ্যাসি এমন বাক্য গিয়া যে, তাহা অল্প-অল্প-যোগ্য হইয়া ওঠে। আর সঙ্গে সঙ্গে অত্যাধিকার সারাকণ্টকের বোজ্‌গ্যাসি কামতে থাকে। ফলে কারেন্টকে বাধা হইয়া কমে কমে বেশী বেশী করিয়া খ-কয়েল দিয়া তখন ব্রাশে আসিতে হয়। ইহা কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া বন্ধ করিতে যথেষ্ট সহায়তা করে।

(২) ই এম এফ. কম্যুটেশন (E. M. F. Commutation)

কম্যুটেশনের সময় আর্মেচার-কয়েলে যে রিয়াক্‌ট্যান্স ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়, যদি তাহার সমান আর বিপরীতমুখী প্রত্যেক কোন তড়িৎ-চাপের প্রভাব ঐ কয়েলে বিস্তার করা যায়, তবে রিয়াক্‌ট্যান্স ভোল্টেজের প্রভাব নষ্ট করিয়া কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া বন্ধ করা যাইতে পারে। ই. এম. এফ. কম্যুটেশনে এই পদ্ধতিই অবলম্বন করা হইয়া থাকে।

(ক) ব্রাশসমূহের অবস্থানের পরিবর্তন (Advancing the Brushes)

১৫ সি. জেনারেটর যে দিকে ঘোরে, উহা ব্রাশকে যাদ সেই দিকে আগাইয়া দেওয়া যায়, তবে কম্যুটেশনের সময় যে কয়েলে সর্বাধিক তড়িৎ-প্রবাহিত হয় তাহা জ্যামিতিক উদাসীন হইলে না থাকিয়া পরবর্তী পোলার গ্রন্থভাগের সর্বাধিক উপস্থিত থাকে। ইহাতে ঐ পোলার দ্বারা কয়েলে একটি তড়িৎ চাপ উৎপন্ন হয়। ই বাজিতে এই তড়িৎ চাপকে “কম্যুটেটিং ই. এম. এফ.” (Commutating e. m. f.) বলে। কম্যুটেটিং তড়িৎ-চাপ রিয়াক্‌ট্যান্স ভোল্টেজের সমপরিমাণ আর বিপরীতমুখী হয় বলিয়া সর্বাধিক তড়িৎ-প্রবাহ তখন দিক পরিবর্তন করে, তখন সেই কাজে ইহা সাহায্য হয়, আর কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া কম রাখিতেও ইহা যথেষ্ট সাহায্য করে। কিন্তু নানা কারণেই ডি. সি. মেশিনে এই পদ্ধতির ব্যবহার তেমন সুবিধাজনক হয় না। যেমন—

(১০) রিয়াক্‌ট্যান্স ভোল্টেজ আর্মেচার-কারেন্টের সমান্তরালি বর্ণিয়া, লোড পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে ব্রাশের অবস্থানেরও পরিবর্তন করিতে হয়, নচেৎ কম্যুটেটিং তড়িৎ-চাপ রিয়াক্‌ট্যান্স ভোল্টেজের সমান থাকিতে পারে না। তাই যতবার মেশিনে লোড কম-বেশী হয়, ততবারই প্রয়োজনমত ব্রাশকে আগাইয়া অথবা পিছাইয়া দিতে হয়।

(৮০) মেসিনের লোড যত বাড়িতে থাকে, আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার চুম্বক-রেখা বিকৃতকারী অংশ পোলের অগ্রভাগের চুম্বক-ক্ষেত্রকে ততই দুর্বল করিয়া ফেলে। ফলে ব্রাশকে আরও বেশী করিয়া আগাইয়া দিতে হয়। ইহাতে আবার আর্মেচারের চুম্বক বল-হাসকারী অ্যাম্পায়ার-টার্ণ এত বেশী ঘূর্ণি পায় যে, সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ সমান রাশিবার জন্য ফান্ড-কয়েল দিয়া তখন অধিক পরিমাণে কারেন্ট পাঠাইবার প্রয়োজন হইয়া পড়ে।

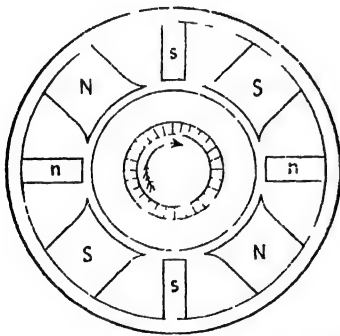
এই সকল কারণেই ব্রাশের অবস্থান পরিবর্তন করা অপেক্ষা মেসিনে ইন্টারপোল ব্যবহার করা অধিকতর সুবিধাজনক বলিয়া বিবেচিত হয়।

(খ) ইন্টারপোল বা সহায়ক পোল বা কম্যুটেটিং পোল (Interpoles or Auxiliary Poles or Commutating Poles)

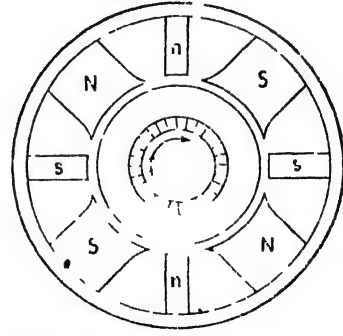
আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ায় জন্ম মেসিনের চুম্বক বলবেগা বাঁকিয়া যায় বলিয়া, আর কম্যুটেটনের সময় আর্মেচার-কয়েলে প্রতিকরণ চাপ বা বিস্মাকৃটান্স ভোল্টেজ আবিষ্ট হয় বলিয়া, কম্যুটেটাবে আশ্রয় দেয়। এই অংশটুকু প্রতিকারের এক উপায় হইতেছে দুই পোলের ঠিক মাঝখানে একটি করিয়া ছোট সহায়ক পোল বা ইন্টারপোল ব্যবহার করা। ইন্টারপোল আর্মেচার-চুম্বকক্ষেত্র পতিক্রিয়াকে বিনষ্ট করিয়া বাঁকিয়া যাওয়া বলবেগাকে স্বাভাবিক অবস্থানে তৈলিয়া দেয়, আর সঙ্গে সঙ্গে এমন একটি বিপরীতমুখী চুম্বক-ক্ষেত্র (Commutating field) সৃষ্টি করে যাহার দ্বারা স্ট-সার্কিট হওয়া আর্মেচার-কয়েলে প্রতিকরণ চাপ প্রশমিত হয়। যেহেতু আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া আর বিস্মাকৃটান্স ভোল্টেজ, উভয়েই আর্মেচার-ক্যোমুটেটর সমান্তরালিত, সেইজন্য ইন্টারপোলের কয়েলগুলি আর্মেচারের সহিত সিরিজে যোগ করা থাকে। ইহাতে লোড বৃদ্ধি পাইলে ইন্টারপোলের প্রবর্ততা গাণনা হইতেই বাড়ে, আর লোডের পরিমাণ কমিলে ইন্টারপোলের প্রবর্ততা আপনা হইতেই কমে। কয়েলগুলি সিরিজে যোগ করা থাকে বলিয়া অল্প সংখ্যক পাকের মোটা তার ব্যবহার কবিয়া এই কয়েল তৈরী করা হয়। কারেন্ট খুব বেশী হইলে তারের পরিবর্তে কোথাও কোথাও মোটা তামার পাটি (heavy copper strip) দিয়াও কয়েল তৈরী করা হইয়া থাকে।

ইন্টারপোল বা কম্যুটেটিং পোল ব্যবহার করিবার প্রধান উদ্দেশ্য এই যে, মেসিন পূর্ণ লোডসহ (এমন কি অতিরিক্ত লোডেও) চলিবার সময় কম্যুটেটারে যেন আশ্রয় না দেয়; কেননা কম্যুটেটারে আশ্রয় দিতে আরম্ভ করিলে আর সে মেসিনে বেশী লোড দেওয়া চলে না। কোন্ মেসিন কত লোড লইয়া চলিতে পারে, তাহা নির্ভর করে মেসিনের উত্তাপ বৃদ্ধি (heating) উপর, আর কম্যুটেটারে আশ্রয় দেওয়ার (sparking) উপর। এই দুইয়ের মধ্যে, উত্তাপ বৃদ্ধি পাইলে যদিও বা মেসিনকে কিছুক্ষণ সেই লোডে চালানো যায়, কিন্তু কম্যুটেটারে বড় বেশী আশ্রয় দিতে আরম্ভ করিলে তখনই লোড কমাইতে হয়, নইলে কম্যুটেটার নষ্ট হইয়া যায়। কম্যুটেটারে আশ্রয় তখনই দেয়, যখন, যে কম্যুটেটার-সেগমেন্ট ব্রাশের তলা হইতে বাহির হইয়া যায় তাহার

সহিত যে আর্মেচার-কয়েলের লুপ বালাই করা আছে, সেই কয়েল দ্বারা তখনও চুম্বক-রেখা কতিত হইতে থাকে, আর এই কর্তন তখনই সম্ভব হয়, যখন মেসিনে লোড সংযোগের ফলে চুম্বক বলরেখা বাঁকিয়া যায়, অর্থাৎ আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার জন্ত মেসিনের চুম্বকীয় উদাসীন অক্ষ (magnetic neutral axis) স্থানচ্যুত হয়। ইহার প্রতিকার, বিকৃত বলরেখাকে আবার তাহার স্বাভাবিক অবস্থানে ঠেলিয়া দেওয়া। তখন আর ব্রাশের দ্বারা সর্ট-সার্কিট হওয়া আর্মেচার-কয়েল বলরেখা কর্তন করিতে পারে না, ফলে কম্যুটেটারেও হাণ্ডান দেয় না। এই অবস্থায় মেসিনে কত লোড দেওয়া যাইতে পারে, তাহা নির্ভর করে মেসিনের উত্তাপের উর্বসীমার (heating limit) উপর। যদি মেসিনেব ভিতর দিয়া উপযুক্তরূপ হাওয়া চলাচল (ventilation) করিতে পারে, কিংবা অন্য কোন উপায়ে মেসিনকে ঠাণ্ডা রাখার ব্যবস্থা (cooling arrangement) করা যায়, তবে তাহাব উপর আরও বেশী লোড চাপানো সম্ভব হয়। সেইজন্ত একই আকারের সহায়ক পোল-ওয়াল মেসিন সহায়ক পোল-বহীন মেসিন অপেক্ষা অধিক লোড সহ চলিতে পারে, আর ইহাতে মেসিনের কর্মক্ষমতাও (efficiency) বৃদ্ধি পায়।



N S প্রধান পোলের উত্তর ও দক্ষিণ মেরু
n s ইন্টারপোলের উত্তর ও দক্ষিণ মেরু



(ক) ডি. সি. ভেনাবেটারে প্রধান পোল
আর ইন্টারপোলের অবস্থান।

(খ) ডি. সি. মোটরে প্রধান পোল আর
ইন্টারপোলের অবস্থান।

৩০নং চিত্র

ইন্টারপোল-ওয়াল মেসিনে ব্রাশ ঠিক জ্যামিতিক উদাসীন অক্ষে (geometrical neutral axis) বাঁধা থাকে। লোড বেশী বা কম হইলে তখন ব্রাশকে রকারের সাহায্যে সরাইতে হয় না। এই পোলগুলি দুইটি দুইটি প্রধান ফিল্ড-পোলের (main field poles) ঠিক মাঝখানে থাকে। প্রধান পোলের মত সহায়ক পোলের মেরুত্বও (polarity) পর্যায়ক্রমে একটি উত্তর (north) আর একটি দক্ষিণ (south) হয়।

জেনারেটরের ক্ষেত্রে মেশিন যে দিকে ঘুরিতেছে সেই দিকে পরে অর্থাৎ সম্মুখের দিকে যে প্রধান পোল রহিয়াছে, তাহার মেরুত্বের অনুরূপ সহায়ক পোলের মেরুত্ব হইয়া থাকে। মোটরের ক্ষেত্রে হয় ইহার ঠিক বিপরীত। মোটর যে দিকে ঘোরে সেই দিকে ঠিক আগে অর্থাৎ পিছনের দিকে যে প্রধান পোল রহিয়াছে, তাহার মেরুত্বের অনুরূপ সহায়ক পোলের মেরুত্ব হয়। ৩৩নং চিত্রে ইহাই দেখানো হইয়াছে।

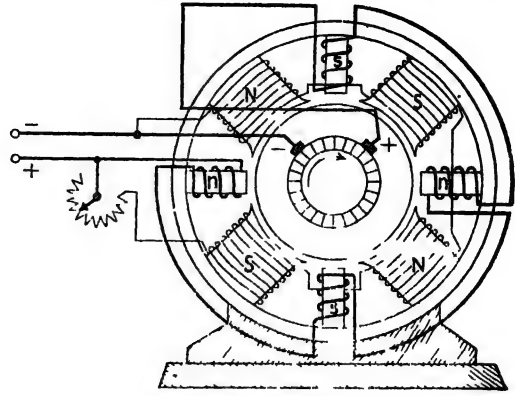
ডি. সি. মেশিনে সহায়ক পোল ব্যবহার করা আজকাল এক রকম সর্বজনসম্মত ব্যাপার (standard practice) হইয়া গিয়াছে। ৩৩নং চিত্রে যেরূপ দেখানো হইয়াছে, সেইভাবে যতগুলি প্রধান পোল ততগুলি ইন্টারপোল দিলেও চলে, আবার তাহার অর্ধেক দিলেও কাজ হয়। সহায়ক পোল না থাকিলে ফীল্ড-পোলের শূ সাধারণতঃ পোল-পিচের ০.৬৫ হইতে ০.৭৫ ভাগ জুড়িয়া থাকে, কিন্তু ইন্টারপোল থাকিলে উহার ০.৬৫ ভাগ জুড়িয়া অবস্থান করে। সহায়ক পোলের শূ-এর লম্বাই প্রধান পোল-শূ-এর লম্বাইয়ের সমান হয়, তবে ইহা কিছু কম রাখিলেই ভাল ফল পাওয়া যায়, কারণ ব্রাশের দ্বাৰা যে আর্মেচার-কয়েলে স্ট-সারকিট হয়, এই ব্যবস্থাতে সেই কয়েলে ইণ্ডাক্ট্যান্স কম জন্মায়।

প্রধান পোলের তুলনায় ইন্টারপোল আর আর্মেচারের মধ্যে হাওয়ার ফাঁকের দৈর্ঘ্য বেশী রাখাই নিয়ম। ইহাতে ঐ অংশে চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রতিবন্ধ (reluctance) সন্দা সমান থাকে, আর সহায়ক পোলের চুম্বকত্বের প্রথরতা লোডের সকল অবস্থাতেই আর্মেচার-কারেন্টের সমান্তরূপাতি হয়। যতগুলি প্রধান পোল, যদি ততগুলি ইন্টারপোল ব্যবহার করা হয়, তবে সাধারণতঃ প্রতি পোলের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণের সংখ্যা প্রধান পোলের সংখ্যার ১'২৫ হইতে ১'৩৫ গুণ থাকে। অভিজ্ঞতা হইতে দেখা গিয়াছে যে, এই রকম ব্যবস্থা হইলেই ইন্টারপোল ঠিক কাজ দেয়। আর যদি ইন্টারপোলের সংখ্যা প্রধান পোলের সংখ্যার অধিক হয়, তবে প্রতি পোলের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণের সংখ্যা প্রধান পোলের সংখ্যার তুলনায় দ্বিগুণ থাকে।

উদাহরণ ২-২। (ক) একটি কোর-পোল ইন্টারপোল সার্কিট জেনারেটর এবং একটি কোর-পোল ইন্টারপোল সার্কিট মোটরের মেনপোল ও ইন্টারপোলগুলি যথাক্রমে দুইটি বিভিন্ন নকশাতে দেখাইয়া উহাতে পোলগুলির পোলারিটি ও মেনপোল এবং ইন্টারপোলগুলির এক্সাইটিং কয়েলের আর্মেচারের সঙ্গে কানেকশন দেখাও।

(খ) যদি একটি ইন্টারপোল সার্কিট মোটরের রোটেশনের ডিরেকশন আর্মেচারের সঙ্গে ফিল্ড সার্কিটের কানেকশন পরিবর্তন করিয়া বিপরীত দিকে করা হয় তাহা হইলে ইন্টারপোলগুলির এক্সাইটিং কয়েলের কানেকশনে পরিবর্তন করিতে হইবে কি ?

(ক) নীচে ৩৪(ক)নং চিত্রে একটি জেনারেটর ও ৩৪(খ)নং চিত্রে একটি মোটরের বিভিন্ন পোলার মেরু এবং আর্মেচারের সহিত ঐ সকল পোলার এক সাইটিং-কয়েলের সংযোগ দেখানো হইয়াছে।

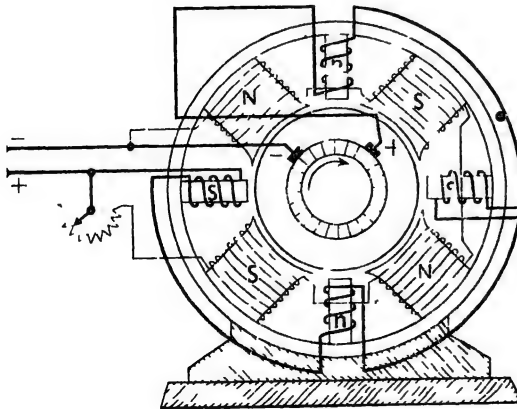


৩৪(ক)নং চিত্র

যে সিন যে-দিকে ঘুরিতেছে সেইদিকে পরে যে প্রধান পোল রহিয়াছে তাহার যে মেরু, জেনারেটরের ক্ষেত্রে ইন্টার-পোলার মেরুও তাহাই হইবে। মোটরের ক্ষেত্রে

হইবে ইহার ঠিক বিপরীত। N-দ্বারা প্রধান পোলার উত্তর মেরু আর S-দ্বারা দক্ষিণ মেরু, এবং n-দ্বারা ইন্টার-পোলার উত্তর মেরু আর s-দ্বারা দক্ষিণ মেরু বঝানো হইয়াছে।

(খ) আর্মেচারের সহিত ফী-ড সাবকিটের সংযোগ পরিবর্তন করিয়া দিলে প্রধান পোলার মেরু বদলাইয়া যায়, অর্থাৎ উত্তর মেরু দক্ষিণ মেরুতে আর দক্ষিণ মেরু উত্তর মেরুতে পরিণত হয়। তখন মোটর বিপরীত দিকে ঘুরিতে আরম্ভ করে। এখন, মোটরকে ক্ষেত্রে ইন্টার-পোলার মেরু মেরু যে-দিকে ঘোরে সেই দিকে ঠিক



৩৪(খ)নং চিত্র

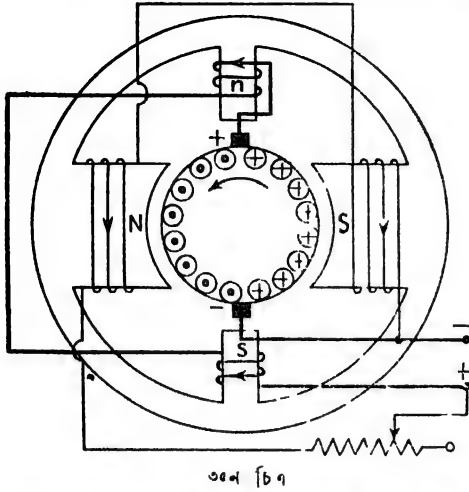
আগের অর্থাৎ পশ্চাতে অবস্থিত প্রধান পোলার মেরুত্বের অল্পরূপ হইয়া থাকে। সুতরাং প্রধান পোলার মেরুত্ব ও মোটরের গতিব অভিমুখ, উভয়ই পরিবর্তিত হওয়াতে এক্ষেত্রে ইন্টার-পোলার মেরুত্ব অপরিবর্তিত থাকিবে। অতএব আর্মেচারের সহিত ইন্টার-পোলগুলির একসাইটিং

কয়েলের সংযোগ পরিবর্তন করিবার কোন প্রয়োজন হইবে না।

উদাহরণ ২-৩। ইন্টার-পোলস বলিতে কি বুঝ? উহাদের কার্যাবলী বর্ণনা কর। উহাদের ওয়াইন্ডিং কি ভাবে সংযোগ করা হয় ওয়াইন্ডিং ডায়গ্রামের সাহায্যে বুঝাইয়া দাও। কন্সট্রাক্টিং পোল ওয়াইন্ডিং, যদি ভুল কনেকশন করা হয়, তবে তাহার কলাকলি কি হইবে?

ইন্টারপোল ও তাহাদের কার্যাবলী সম্বন্ধে বর্ণনা ইতিপূর্বেই দেওয়া হইয়াছে। ৩৫নং চিত্রে একটি দুই পোলার ডি. সি. জেনারেটর, উহার দুইটি ইন্টারপোল এবং আর্মেচারের সহিত এই পোলার কয়েলের সংযোগ দেখানো হইল।

মেশিন চলিবার সময় কম্যুটেটরে যাহাতে আগুন না দেয় সেইজন্যই ইন্টারপোল

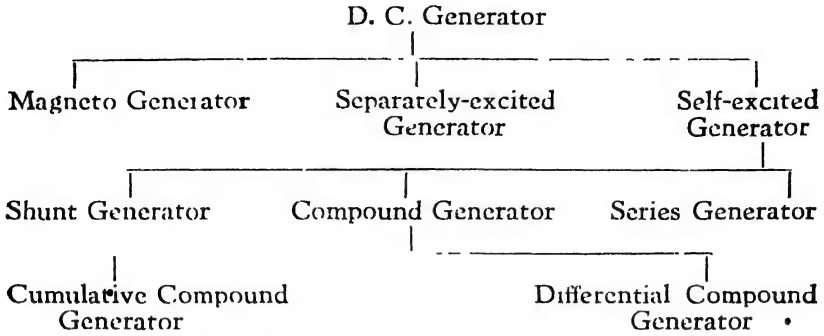


ব্যবহার করা হয়। আর্মেচারের প্রতিক্রিয়াজনিত বাঁকিয়া যাওয়া বলেরথাকে ইন্টারপোল ঠিক অবস্থানে ঠেলিয়া দেয়, আর সঙ্গে সঙ্গে এমন একটি বিপরীত-মুখী চুম্বক-ক্ষেত্র সৃষ্টি করে যাহাব দ্বারা স্ট-সারকিট হওয়া আর্মেচার-কয়েলে প্রতিকরণ-চাপ বা রিয়াক্ট্যান্স ভোল্টেজ প্রশমিত হয়। কিন্তু যদি এই পোলার ওয়াইপিং আর্মেচারের সহিত ঠিকভাবে সংযুক্ত করা না থাকে, তবে বাঁকিয়া যাওয়া

বলরেখা আবও বেশী করিয়া বাঁকিবে, এবং স্ট-সারকিট হওয়া কয়েলে প্রতিকরণ-চাপ আরও অধিক বলশালী হইয়া উঠিবে। ফলে ইন্টারপোল না থাকিলে কম্যুটেটাবে যতটা আগুন দিত, এক্ষেত্রে মেশিন চলিবার সময় তাহা অপেক্ষাও বেশী আগুন দিতে থাকিবে। অগ্নিবলয়ের দ্বারা কম্যুটেটারের উপরিভাগ আবৃত হইয়া যাইবে, এবং যতক্ষণ না এই সংযোগ ঠিক করিয়া দেওয়া হইবে, ততক্ষণ পর্যন্ত মেশিনের পরিচালনা বন্ধ রাখিতে হইবে।

ভূতীয় পন্থিচ্ছেদ

বিভিন্ন শ্রেণীর জেনারেটর ও তাহাদের বিশেষত্ব (Different types of Generators and their Characteristics)



৩-১। ডি. সি. জেনারেটরের শ্রেণীবিভাগ (Classification of D. C. Generators)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, কোন জেনারেটরে তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিতে হইলে যে-দুইটি অংশ একান্তভাবে প্রয়োজন হয়, তাহাদের একটি আর্মেচার এবং অন্যটি ফীল্ড। ফীল্ড চুম্বক-ক্ষেত্র সৃষ্টি করে, আর আর্মেচার উহা বলরেখা ছেদন করে; তাহাতেই আর্মেচারের কয়েলে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়। ফীল্ড বা চুম্বক-ক্ষেত্র উৎপন্ন করা যায় তিন উপায়ে; যথা—

- (১) স্থায়ী চুম্বক (permanent magnet) ব্যবহার করিয়া,
- (২) বাহিরের অন্য কোন জায়গা হইতে অল্পবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ (direct current) জেনারেটরের ফীল্ড-কয়েলে পাঠাইয়া, এবং
- (৩) মেশিনের আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-প্রবাহের সমগ্র অথবা কিছু অংশ উহার নিজের ফীল্ড-কয়েল দিয়া পাঠাইয়া।

এই তিন উপায় অবলম্বন করিয়া যে তিন শ্রেণীর জেনারেটরের উদ্ভব হইয়াছে, ইংরাজিতে তাহাদের যথাক্রমে,

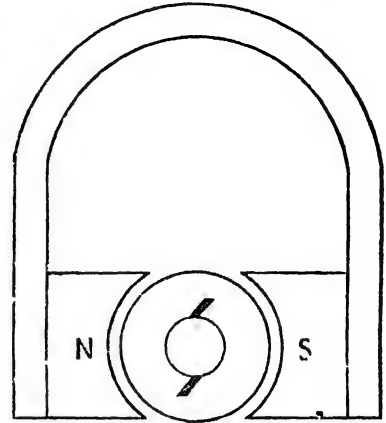
- (১) ম্যাগনেটো জেনারেটর বা ম্যাগনেটো ডাইনামো (সংক্ষেপে ম্যাগনেটো),
- (২) সেপারেটলি-এক্সাইটেড জেনারেটর, আর
- (৩) সেল্ফ-এক্সাইটেড জেনারেটর,

বলা হইয়া থাকে।

স্থায়ী চুম্বক কেবলমাত্র খুব ছোট আকারের ডাইনামো তৈরী করিতেই ব্যবহার করা হয়। অয়েল ইঞ্জিন, গ্যাস ইঞ্জিন আর মোটর গাড়ীর ইঞ্জিনে আগুনের ফুলকি

(spark) দেওৱা, সাইকেলে (bicycle) আলো জালানো, প্রভৃতি কাজে এই শ্রেণীৰ ডাইনামো যথেষ্ট ব্যবহাৰ কৰা হয়। তবে অৱ কোন কাজে ইহাৰ ব্যবহাৰ বিশেষ দেখা যায় না। মাগনেটো ডাইনামোৰ আৰ এক অস্থবিধা, যত দিন যায় তত ইহাৰ চুম্বকেৰ কিছু কিছু বলক্ষয় হইতে থাকে। বিশেষতঃ এই কাৰণেই বড় মেসিন তৈৰী কৰিবাব পক্ষে স্থায়ী চুম্বকেৰ ব্যবহাৰ উপযোগী নহ।

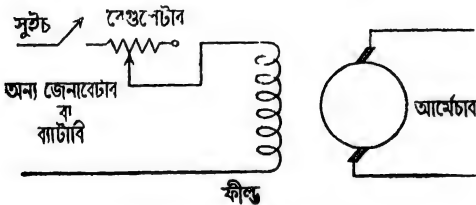
৩৬নং চিত্ৰে একটি মাগনেটো ডাইনামোৰ ফীল্ডেৰ গঠন এৰ উহাৰ আৰ্মেচাৰেৰ স্থান দেখানো হইয়াছে।



মাগনেটো ডাইনামো
৩৬নং চিত্ৰ

সেম্পাৰেটুলি এক্সাইটেড জেনাৰেটোৰেৰ প্রধান অস্থবিধা এই যে, উহাৰ ফীল্ড-কয়েলত তড়িৎ সৰবৰাহ কৰিবাব জন্ত অৱ কোন জেনাৰেটোৰ বা ব্যাটাৰিৰ প্ৰয়োজন হয়। ইহাতে মেসিন পৰিচালনাৰ খৰচও বৃদ্ধি পায়। তবে এই জাতীয় জেনাৰেটোৰ অনেক আছে, আৰ 'বু'স্টাৰ' (booster), ডিজেল-ইলেকট্ৰিক দ্বাৰা পৰিচালিত

বেলেব'লিষ্টিক (dielectric engine), প্রভৃতিতে ইহাৰ যথেষ্ট ব্যবহাৰও দেখা যায়। ৩৭নং চিত্ৰে এই জেনাৰেটোৰেৰ আৰ্মেচাৰ ও ফীল্ডেৰ সংযোগ দেখানো হইয়াছে।



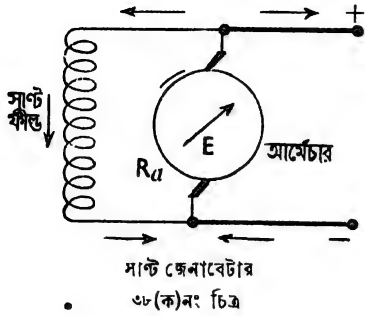
সেম্পাৰেটুলি এক্সাইটেড জেনাৰেটোৰ
৩৭নং চিত্ৰ

তিন শ্ৰেণীৰ ডাইনামোৰ মধ্যে সেলফ-এক্সাইটেড জেনাৰেটোৰেৰ ব্যবহাৰই সৰ্বাপেক্ষা অধিক। প্রথম দুই শ্ৰেণীৰ মেসিন ব্যবহাৰ কৰিতে গেলে যে-সকল অস্থবিধা দেখা দেয়, এই জেনাৰেটোৰ পৰিচালনা কৰাব সময় সেইরূপ কোন অস্থবিধা ভোগ কৰিতে হয় না। মেসিন নিজে যে তড়িৎ উৎপন্ন কৰে, তাহাই উহাৰ ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্ৰবাহিত হয় বলিয়া এই মোদনকে ইংৰাজিতে "সেলফ-এক্সাইটেড জেনাৰেটোৰ" (self-excited generator) বলে। এই জাতীয় ডাইনামোৰ আৰাৰ তিনটি বিভাগ আছে। কিতাবে আৰ্মেচাৰেৰ সহিত ফীল্ড-কয়েলেৰ সংযোগ থাকিবে, তাহাৰ উপৰেই ইহাদেৰ নাম ও আচৰণেৰ পাৰ্থক্য নিৰ্ভৰ কৰে।

প্ৰত্যেক মেসিনেই জোড়া-জোড়া (যেমন, এক জোড়া, দুই জোড়া, ইত্যাদি) পোল থাকে। এই সকল পোলেৰ গায়ে যে কয়েলসমূহ জড়ানো হয়, সকল শ্ৰেণীৰ

মেশিনেই সেই কয়েলগুলি পরস্পরের সঙ্গে সিরিজে যোগ করা থাকে। সংযোগ এমনভাবে করা হয় যাহাতে পোলগুলি পর্যায়ক্রমে উত্তর ও দক্ষিণ মেরু উৎপন্ন করিতে পারে। কিন্তু আকার কাজে স্রবীধা হয় বলিয়া চিত্রে একটি কয়েলের সাহায্যেই সব-কয়টি কয়েলকে বুঝানো হইয়া থাকে।

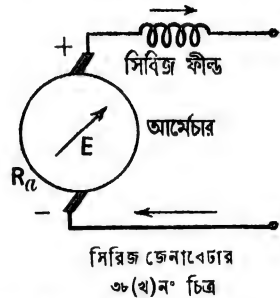
সেলফ-এক্সাইটেড্ জেনারেটরে আর্মেচারের সহিত ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ তিন



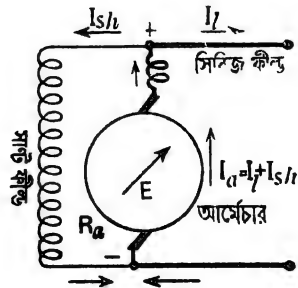
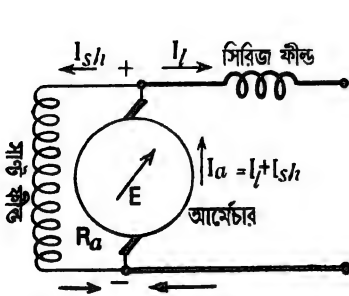
প্রকারে সম্পাদিত হইতে পারে। যথা—

(ক) ফীল্ড-কয়েল আর্মেচারের সহিত পার্যালেলে সংযুক্ত থাকিতে পারে। সেক্ষেত্রে ফীল্ডকে 'শাণ্ট ফীল্ড' আর মেশিনকে 'শাণ্ট জেনারেটর' (Shunt Generator) বলা হয়। ৩৮(ক)নং চিত্রে একটি শাণ্ট জেনারেটরের ফীল্ড-কয়েল আব আর্মেচারের মধ্যে সংযোগ দেখানো হইয়াছে।

(খ) ফীল্ড কয়েল আর্মেচারের সহিত সিরিজে সংযুক্ত হইতে পারে। তখন ফীল্ডকে 'সিরিজ ফীল্ড' আর মেশিনকে 'সিরিজ জেনারেটর' (Series Generator) বলা হয়। ৩৮(খ)নং চিত্রে এইরূপ একটি জেনারেটরের সংযোগ দেখানো হইয়াছে।



(গ) ফীল্ডের প্রতি পোলে দুইটি করিয়া কয়েল জড়াইয়া উহাদের একটিকে আর্মেচারের সহিত পার্যালেলে আর অপরটিকে আর্মেচারের সহিত সিরিজে সংযুক্ত করা যায়। তখন ফীল্ডকে 'কম্পাউণ্ড ফীল্ড' আর মেশিনকে 'কম্পাউণ্ড জেনারেটর' (Compound



(ক) লং-শাণ্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটর

(খ) শর্ট-শাণ্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটর

Generator) বলা হয়। ৩২নং চিত্রে কম্পাউণ্ড জেনারেটরের দুই রকম সংযোগ দেখানো হইয়াছে। এই দুইয়ের যে-কোন এক রকম সংযোগ হইলেই মেশিন কম্পাউণ্ড জেনারেটর হয়, তবে সংযোগ-বিভিন্নতার জন্য ফীল্ড-কয়েল দুইটিতে প্রবাহ-মাত্রার কিছু তারতম্য হইয়া থাকে।

৩৩(ক)নং চিত্রে মেশিনের যে সংযোগ দেখানো হইয়াছে তাহাকে 'স্ট-শাণ্ট কম্পাউণ্ড' (Short-Shunt Compound), আর ৩৩(খ)নং চিত্রে দেখানো মেশিনকে 'লং-শাণ্ট কম্পাউণ্ড' (Long-Shunt Compound) জেনারেটর বলে। স্ট-শাণ্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটরে শাণ্ট-ফীল্ড সরাসরি আর্মচারের দুই প্রান্তের মধ্যে সংযুক্ত থাকে, কিন্তু লং-শাণ্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটরে শাণ্ট ফীল্ড সিরিজ ফীল্ডের বাহিরে মেশিনের দুই টার্মিনালের মধ্যে যুক্ত থাকে। এইরূপ সংযোগের ফলে আর্মচার হইতে যে পরিমাণ তড়িৎ বাহির হয়, লং-শাণ্ট কম্পাউণ্ড মেশিনে তাহার সমস্তটাই সিরিজ ফীল্ড দিয়া প্রবাহিত হইতে পারে, কিন্তু স্ট-শাণ্ট কম্পাউণ্ড মেশিনে পূর্বেই কিছু কারেন্ট শাণ্ট ফীল্ডে চলিয়া যায় বলিয়া, বাকী যাহা থাকে তাহাই সিরিজ ফীল্ড দিয়া প্রবাহিত হয়।

কম্পাউণ্ড জেনারেটরে শাণ্ট আর সিরিজ—এই উভয় প্রকার ফীল্ড-কয়েলই ব্যবহার করা হয়। সেইজন্য এই জেনারেটরে শাণ্ট আর সিরিজ জেনারেটরের একত্র সমাবেশ ঘটয়াছে। এখন, সিরিজ কয়েল দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের অভিমুখ অনুসারে (অর্থাৎ ঐ কয়েল সংযোগ করাব রকম হিসাবে) ঐ কয়েলে উৎপন্ন চুম্বকত্ব শাণ্ট কয়েলে উৎপন্ন চুম্বকত্বকে আরও বাড়াইয়া তুলিতেও পারে, আবার তাহার চুম্বকত্বকে কিছু হ্রাস করিতেও পারে। সিরিজ ফীল্ডের এই কাজ স্বরণে রাখিয়াই কম্পাউণ্ড জেনারেটরকে দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে—

(১) যে জেনারেটরের সিরিজ ফীল্ড উহার শাণ্ট ফীল্ডের সহায়ক হয়, অর্থাৎ যে জেনারেটরের সিরিজ ফীল্ডে উৎপন্ন চুম্বকত্ব উহার শাণ্ট ফীল্ডে উৎপন্ন চুম্বকত্বকে আরও বাড়াইয়া তোলে, তাহাকে 'কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড জেনারেটর' (Cumulative Compound Generator) বলে; আর

(২) যে জেনারেটরের সিরিজ ফীল্ড উহার শাণ্ট ফীল্ডকে বাধা দেয়, অর্থাৎ যে জেনারেটরের সিরিজ ফীল্ডে উৎপন্ন চুম্বকত্ব উহার শাণ্ট ফীল্ডে উৎপন্ন চুম্বকত্বকে হ্রাস করে, তাহাকে 'ডিফারেন্শিয়াল কম্পাউণ্ড জেনারেটর' (Differential Compound Generator) বলে।

৩-২। ডি. সি. জেনারেটরের বিভিন্ন প্রকার বিশিষ্টতা (Various Characteristics of D. C. Generators)

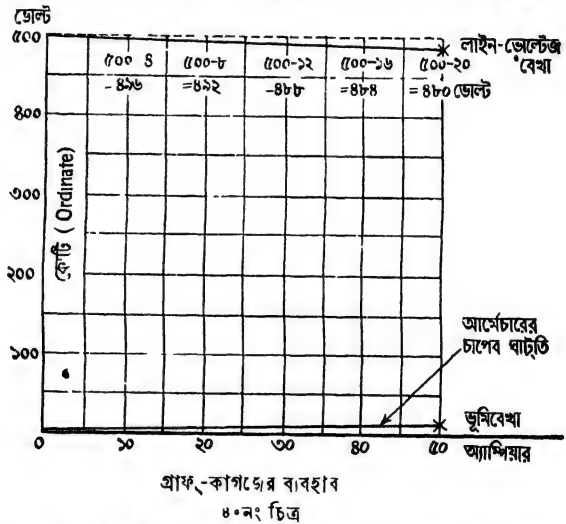
ডি. সি. জেনারেটরের বিশিষ্টতা বলিতে উহার কারেন্ট আর গতিবেগের সহিত ভোল্টেজের যে সম্বন্ধ, তাহাই বুঝায়। এই সম্বন্ধ সাধারণতঃ লেখচিত্রে (graph paper) রেখা আঁকিয়া তাহার সাহায্যে বুঝানো হয়। যে রেখাচিত্রে দেখিখামাত্র কোন মেশিনের প্রকৃতিগত বিশিষ্টতা (characteristic) এক মুহূর্তে বুঝা যায়, তাহাকে

মেনিনের বিশিষ্টতা-জ্ঞাপক রেখাচিত্র (সংক্ষেপে “বিশিষ্টতা-রেখাচিত্র”) বা ইংরাজিতে “কার্যাক্টারিস্টিক কার্ভ” (characteristic curve) বলে। এই সকল রেখাচিত্র আঁকিবার সময় অধিকাংশ ক্ষেত্রেই ধরিয়া লওয়া হয় যে, জেনারেটরের গতিবেগ অপরিবর্তিত আছে।

একটি জেনারেটরের বিভিন্ন অংশে বিভিন্ন পরিমাণের তড়িৎ-চাপ কাজ করে। চাপের এই পরিবর্তনের বেধা যে-ভাবে আঁকা হয় তাহাব বর্ণনা ৪০নং চিত্রে দেওয়া হইল। ইহাতে একখানি লেখচিত্র বা গ্রাফ-কাগজ দেখানো হইয়াছে। এই কাগজ সমান দূরে দূরে রেখা টানিয়া ছোট ছোট সমচতুর্কোণে ভাগ করা থাকে। সকলের নীচের শয়ান-রেখাকে (horizontal line) ভূমিরেখা বা ভূজ (Base বা Abscissa), আর দাঁড়া বা উল্লম্ব রেখাকে (vertical line) কোটি (Ordinate) বলে।

মনে কর, কোন সাট জেনারেটাব পূর্বা লোডে ৫০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট দেয়, আর উহার আর্মেচারের বেজি-ট্যাস বা বোঝ ০.৪ ওম। যখন মেনিন হইতে কোন কারেন্ট লওয়া না হয় (no-load),

তখন আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ (e. m. f.) ৫০০ ভোল্ট থাকে। এমন মেনিনের বিশিষ্টতা-রেখা চিত্র, অর্থাৎ কত কারেন্টে কত লাইন ভোল্টেজ মোসন হইতে পাওয়া যাইবে, তাহা আঁকিতে হইবে। মনে কর, মেনিনে সহায়ক পোল বা শূন্য কোন চাপের ঘাটতি নাই।



প্রথমে লেখচিত্র বা গ্রাফ-কাগজের নীচে একটি শয়ান-রেখা টান, ইহা ভূমিরেখা বা ভূজ। আর কাগজের বাঁদিকে একটি দাঁড়া রেখা বা উর্ধ্বাধ রেখা টান, এইটি কোটি। এখন মনে কর, প্রত্যেক ছোট ছোট ভাগকে ৫ অ্যাম্পিয়ার বলিয়া ধরা হইল। ইহাকে স্কেল (scale) বলে, অর্থাৎ এই চিত্রে ৫ অ্যাম্পিয়ার = ১ ছোট ভাগ বলিয়া ধরা হইয়াছে। যত বড় গ্রাফ-কাগজ আর যত অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট থাকে, স্কেল তাহার উপরেই নির্ভর করে।

এইবার ভোল্টেজের স্কেল ঠিক করিতে হইবে। দেখা যাইতেছে গ্রাফ-কাগজে ভূমিরেখার উপরে ১০টি ছোট ভাগ আছে; এদিকে ভোল্টেজের উর্বসীমা আছে ৫০০। সুতরাং প্রত্যেক ছোট ছোট ভাগ $\frac{৫০০}{১০} = ৫০$ ভোল্ট করিয়া ধরা যাইতে পারে।

ইহাই হইল ভোল্টেজের স্কেল। এখন ৪০নং চিত্রে যেভাবে কারেন্ট আর ভোল্টেজের রাশিগুলি লেখা হইয়াছে, তাহা দেখ।

স্কেল ঠিক করিবার পরে আর্গেচারে যে পরিমাণ ভোল্টেজের অপচয় ঘটে, তাহার রেখাচিত্র আঁকিবার হিসাব এখন। আর্গেচারের রোধ ০.৪ ওহম বলিয়া যদি এই আর্গেচার দিয়া স্বাভাবিক ১০, ২০, ৩০, ইত্যাদি অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তবে তাহাতে চাপের ঘাটতি (voltage drop) নিম্নলিখিতরূপ হইবে—

আর্গেচারে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ (অ্যাম্পিয়ার)	০	১০	২০	৩০	৪০	৫০
আর্গেচারে চাপের ঘাটতি (ভোল্ট)	০.৪ × ০ — ০	০.৪ × ১০ = ৪.০	০.৪ × ২০ ৮.০	০.৪ × ৩০ ১২.০	০.৪ × ৪০ ১৬.০	০.৪ × ৫০ ২০.০

দেখা যাইতেছে যে, যখন আর্গেচার দিয়া কোন তড়িৎ প্রবাহিত না হয় (অর্থাৎ কারেন্ট = ০), তখন চাপের অপচয় শূন্য ভোল্ট, আর যখন আর্গেচার দিয়া ৫০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তখন চাপের অপচয় ২০ ভোল্ট হয়। এক্ষেত্রে কারেন্ট যত বেশী হয়, চাপের ঘাটতিও সেই অনুপাতে বাড়িতে থাকে। স্তরতঃ ৫০ অ্যাম্পিয়ার দাগের লাইন ধরিয়া উপরের দিকে ২০ ভোল্ট অনুযায়ী বিন্দু হইতে শূন্য পর্যন্ত যদি একটি সরলরেখা টানা যায়, তবে তাহাই আর্গেচারে চাপের ঘাটতির রেখাচিত্র হইবে। ৪০নং চিত্রে নীচের দিকে এই রেখাচিত্র আঁকা রহিয়াছে।

এখন, লোড-শূন্য অবস্থায় যে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়, তাহা হইতে আর্গেচারের চাপের ঘাটতি বাদ দিলে যেহেতু মেশিনের লাইন-ভোল্টেজ পাওয়া যায়, অতএব

যখন আর্গেচার-কারেন্ট ১০ অ্যাম্পিয়ার, তখন লাইনের ভোল্টেজ $৫০০ - ৪ = ৪৯৬$ ভোল্ট ;

” ” ” ২০ ” ” ” ” $৫০০ - ৮ = ৪৯২$ ” ;

” ” ” ৩০ ” ” ” ” $৫০০ - ১২ = ৪৮৮$ ” ;

” ” ” ৪০ ” ” ” ” $৫০০ - ১৬ = ৪৮৪$ ” ;

” ” ” ৫০ ” ” ” ” $৫০০ - ২০ = ৪৮০$ ” ।

এই বিন্দুগুলি লেখচিত্রে বসাইয়া একটি রেখা আঁক। এই রেখাই জেনারেটরের বিশিষ্টতা-রেখাচিত্র হইবে।

যদি গতিবেগ অপরিবর্তিত রাখিয়া জেনারেটর হইতে কারেন্ট লওয়া ক্রমাগত বাড়ানো যায়, তবে নিম্নলিখিত কারণ দুইটির জন্য উহার লাইন-ভোল্টেজ উত্তরোত্তর কমিতে থাকে। বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার সময় এই দুইটি কারণেরই সমবায়ে মেশিনের মোট চাপের ঘাটতি নিরূপিত হয়। কারণ দুইটি হইতেছে—

(১) আর্গেচার দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার ফলে চাপের ঘাটতি (armature resistance drop), এবং

(২) আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার ফলে মেশিনের চুম্বকত্বের অপচয় (due to the demagnetising effect of armature reaction)।

ডি. সি. জেনারেটোরের প্রকৃতিগত বিশিষ্টতা তিন রকম :-

(১) লোড-কারেন্ট কম-বেশী হওয়ার সঙ্গে টার্মিটাল বা লাইন-ভোল্টেজের সম্বন্ধ ; ইহাকে ‘এক্সটার্ণাল ক্যার্যাক্টারিস্টিক’ (External Characteristic) বা ‘বাহিরের বিশিষ্টতা’ বলে।

(২) আর্মেচার-কারেন্ট কম-বেশী হওয়ার সঙ্গে মেশিনে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের (e. m. f.) সম্বন্ধ ; ইহাকে ‘ইন্টার্ণাল ক্যার্যাক্টারিস্টিক’ (Internal Characteristic) বা ‘ভিতরের বিশিষ্টতা’ বলে।

(৩) ফীল্ড-কারেন্ট কম-বেশী হওয়ার সঙ্গে মেশিনে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের (e. m. f.) সম্বন্ধ, ইহাকে ‘ম্যাগনেটিক ক্যার্যাক্টারিস্টিক’ (Magnetic Characteristic) বা ‘চুম্বকীয় বিশিষ্টতা’ বলে।

এই তিন প্রকার বিশিষ্টতার মধ্যে বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখাচিত্রই সর্বাঙ্গাঙ্গী অধিক প্রয়োজনীয় ; কারণ, কোন্ বিশেষ কাজের পক্ষে কোন্ মেশিন উপযুক্ত বলিয়া বিবেচিত হইবে, তাহা এই রেখাচিত্র হইতেই জানা যায়। এই রেখাচিত্র আঁকিবার জন্ত যে পীলীকা চালাইয়া হয়, তাহাতে জেনারেটোরের গতিবেগ অপরিবর্তিত রাখিয়া প্রথমে উহার লোডের পরিমাণ শূন্য হইতে ক্রমে ক্রমে বাড়াইয়া উর্বরীমা পর্যন্ত তুলিতে হয়, পরে আবার তাহা ক্রমে ক্রমে কমাইয়া শূন্যে নামাইয়া আনিতে হয়। সেই সঙ্গে জেনারেটোরের দুই প্রান্তের মধ্যে একটি ভোল্টমিটার আর লাইনের তারের সঙ্গে সিরিজে একটি অ্যাম্পিটার লাগাইয়া একই সময়ে যন্ত্র দুইটি হইতে যে নির্দেশ পাওয়া যায়, তাহা লিখিয়া রাখিতে হয়। পরে একটি লেখচিত্রের হুমিরেখায় অ্যাম্পিটারের নির্দেশসমূহ আর কোটিতে ভোল্টমিটারের নির্দেশসমূহ বসাইয়া রেখা আঁকিলেই এক্সটার্ণাল ক্যার্যাক্টারিস্টিক বা বাহিরের বিশিষ্টতা রেখাচিত্র পাওয়া যায়। লোড-কারেন্টের সহিত টার্মিটাল-ভোল্টেজের সম্বন্ধ নির্দেশ করে বলিয়া ইহাকে ‘লোড-ক্যার্যাক্টারিস্টিক’ (Load Characteristic)-ও বলা হইয়া থাকে।

অনেক সময় এমন হয় যে, যতক্ষণ পরীক্ষা চলে ততক্ষণ জেনারেটোরের গতিবেগ অপরিবর্তিত রাখা সম্ভব হয় না ; কিছু কিছু কম-বেশী হইতে থাকে। নানা কারণে ইহা হইতে পারে। যদি কোন বাষ্পীয় ইঞ্জিনের সাহায্যে জেনারেটরকে চালাইয়া হয়, তবে বাষ্পের চাপ কম-বেশী হওয়ার জন্ত গতিবেগ কমিতে বা বাড়িতে পারে। যদি অয়েল ইঞ্জিন দ্বারা জেনারেটর পরিচালিত হয়, তবে দ্রুতি (speed) আরও বেশী পরিবর্তিত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে ; কারণ অয়েল ইঞ্জিনের গতিবেগ সাধারণতঃ বাষ্পীয় ইঞ্জিন অপেক্ষা বেশী পরিবর্তনশীল। আর যদি কোন বৈদ্যুতিক মোটরের সাহায্যে জেনারেটরকে চালাইয়া হয়, তবে সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ সামান্য কম-বেশী হইলেই মোটর এবং সেই সঙ্গে জেনারেটোরের গতিবেগ পরিবর্তিত হইতে থাকে। এই সকল ক্ষেত্রে ভোল্টমিটার যত নির্দেশ করে, তাহা প্রকৃত গতিবেগের অনুপাতে সংশোধন

করিয়া লইতে হয়। ইহাকে 'সংশোধিত' বা 'স্ক্রু' মূল্য (corrected value) বলে।
উদাহরণস্বরূপ—

যদি কোন জেনারেটর মিনিটে ৫০০ পাক চলিবার জন্য তৈরী হয়। থাকে, কিন্তু সেই মেশিন কোন এক সময়ে মিনিটে ৪২০ পাক চলাকালীন ভোল্টমিটারে ২১০ ভোল্ট চাপ দেখায়, তবে উহার সংশোধিত চাপ হইবে

$$২১০ \times \frac{৫০০}{৪২০} = ২১৪.৩ \text{ ভোল্ট।}$$

প্রত্যেক মেশিন প্রতি মিনিটে কত পাক চলিবার পক্ষে উপযুক্ত, তাহা উহাব গায়ে নাম-ফলকে (name plate-এ) লেখা থাকে।

উপর-উক্ত কারণে যখনই এই পরীক্ষার কাজ শুরু করা হয়, তখনই প্রত্যেকবার আগে জেনারেটরের গতিবেগ দেখিয়া লইয়া তাহা লিখিয়া রাখিতে হয়, পরে অ্যাম্পিটার আর ভোল্টমিটার যথাক্রমে কত লোড-কাবেন্ট আর কত টার্মিটাল-ভোল্টেজ নির্দেশ করিতেছে, তাহা পড়িতে হয়। একই সময়ে মেশিনের গতিবেগ, কারেন্ট আর ভোল্টেজ দেখিতে পাবিলে তবেই এই পরীক্ষার কাজ সফলভাবে করা যায়। সেইজন্য এই কাজে অন্ততঃ তিন জন লোকের প্রয়োজন হয়। অভাবে, যতগীষ সম্ভব একটির পর একটি যন্ত্রের নির্দেশ পড়িয়া লওয়া দবকাব। কিন্তু ইহাতে পরীক্ষা একেবারে নিতুল না হওয়ার আশঙ্কা থাকে।

যে যন্ত্রের সাহায্যে গতিবেগ মাপা হয়, তাহাকে 'ট্যাকোমিটার' (tachometer) বা 'স্পীডোমিটার' (speedometer) বলে। এই যন্ত্রের ডাঁটি (spindle) আরম্ভচার-শাফটের প্রান্তে একটু চাপিয়া ধরিলেই প্রতি মিনিটে জেনারেটর কত পাক ঘূর্ণিত হইতেছে, তাহা ঘড়ির মত দেখায়।

এই পরীক্ষার সময় রেগুলেটরের সাহায্যে ফীল্ডের উত্তেজনা (excitation) কম-বেশী করিতে নাই।

ইন্টাণ্যাল ক্যারাক্টারিসটিক বা ভিতরেব বশিষ্টতা পরীক্ষার দ্বারা নির্ণয় করা যায় না, কারণ এই বেখাচিত্র আরম্ভচার-কাবেন্ট আর তড়িৎ-চাপের মধ্যে সম্বন্ধ নির্দেশ করে। একমাত্র সিরিজ জেনারেটর ছাড়া অন্য কোন ভাইনামোতে অ্যাম্পিটার দিয়া সবাসরি আরম্ভচার-কারেন্ট পাওয়া যায় না, আব আরম্ভচারের ভিতরে যে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়, তাহাও ভোল্টমিটারের সাহায্যে মাপা চলে না। সেইজন্য এই বিশিষ্টত-বেখা গ্রাফ-কাগজের উপর বাহিরের বিশিষ্টতা বেখাচিত্র হইতে হিসাব করিয়া বাহির করিতে হয়। যাহাও জেনারেটর তৈরী করেন, এই রেখাচিত্র কেবলমাত্র তাহাদেরই কাজে লাগে।

ম্যাগনেটিক ক্যারাক্টারিসটিক বা চুম্বকীয় বিশিষ্টতা পরীক্ষার দ্বারা নির্ণয় করিতে হইলে জেনারেটারের মেন সুইচ খুলিয়া রাখিয়া (on open circuit) উহাকে সমান গতিবেগে পরিচালনা করিতে হয়। এই পরীক্ষার কাজ চলিতে থাকার সময় বাহিরের অন্য কোন জায়গা হইতে অল্পবর্তী বিদ্যুৎ প্রবাহ আনিয়া ফীল্ড-কয়েল দিয়া পাঠাইতে

হয়, আর ফীল্ডের তড়িৎ-প্রবাহ কম-বেশী করার সঙ্গে সঙ্গে আর্মেচারে কত তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হইতেছে তাহাও মাপিয়া দেখিতে হয়। পবে লেখচিত্রের ভূমিরেখায় ভিন্ন ভিন্ন ফীল্ড কাবেট আর কোটিতে সেই সকল কারেন্ট অণুযায়ী আর্মেচারে যে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয় তাহা বসাইয়া বেথা টানিলেই জেনারেটোরের চুম্বকীয় বিশিষ্টতা রেখাচিত্র পাওয়া যায়। মেন শুইচ খুলিয়া রাখিয়া এই রেখাচিত্র নিগ্নয় করা হয় বলিয়া ইহাকে ‘ওপেন-সারকিট ক্যার্যাক্টারিস্টিক’ (Open-circuit Characteristic)-ও বলে। আবার এই পরীক্ষা হইতে যে বেথাচিত্র পাওয়া যায় তাহাব আকার যে লোহা বা ইস্পাতের দ্বারা পোল-কোর তৈরী করা হইয়াছে তাহার সংপৃক্তি বেথার (magnetisation curve) অন্তরূপ। সেইজন্য এই রেখাচিত্রকে জেনারেটোরের ‘স্যাচুরেশন কার্ভ’ (Saturation Curve) বা ‘সংপৃক্তি রেখা’ও বলা হইয়া থাকে।

৩-৩। সেপারেটলি-এক্সাইটেড জেনারেটর (Separately-Excited Generator)

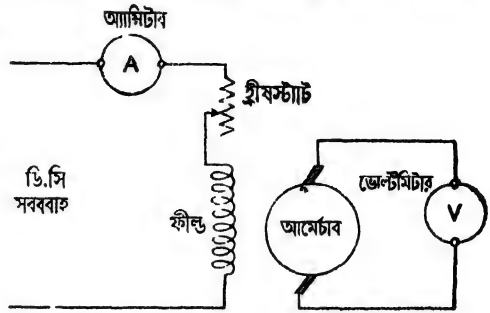
এই জাতীয় জেনারেটরে ফীল্ড-কয়েলের সহিত আর্মেচারের কোন বৈদ্যুতিক সংযোগ থাকে না, অথচ কোন জেনারেটর বা ব্যাটারী হইতে কাবেজ লইয়া ফীল্ড-কয়েল দিয়া পাঠাইতে হয়। ৩-১ন চিত্রে এইরূপ একটি জেনারেটোরের সংযোগ দেখানো হইয়াছে। মেশিন হইতে পৃথক বলিয়া যতক্ষণ ফীল্ড দিয়া সমানভাবে তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে, ততক্ষণ গতিবেগ কম-বেশী না হইলে আর্মেচারে যে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, তাহাও অপরিবর্তিত থাকে। ইলেকট্রো প্লেটিং (electro-plating), বৈদ্যুতিক উপায়ে ধাতু পরিপোষণ, প্রভৃতি কাজে যেখানে অপেক্ষাকৃত কম ভোল্টেজে খুব বেশী কারেন্টের প্রয়োজন হয়, সেখানে বিদ্যুৎ ব্যবহার করিবার পক্ষে সেপারেটলি-এক্সাইটেড জেনারেটর বিশেষ উপযোগী। তাহা ছাড়া বাহির হইতে ফীল্ড কাবেট দেওয়া হয় বলিয়া ফীল্ডের উত্তেজনা (excitation) খুব দ্রুত নিয়ন্ত্রণ করা চলে। সেইজন্য সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজ দ্রুত পরিবর্তন করিয়া যেখানে বৈদ্যুতিক মোটরের গতিবেগ খুব তাড়াতাড়ি কম-বেশী করিতে হয়, সেখানেও মোটরের জন্য এই জাতীয় জেনারেটোরের সাহায্যেই বিদ্যুৎ ব্যবহার করা হইয়া থাকে। ‘ওগাড-লিওনার্ড পদ্ধতি’, ডিজেল-ইলেকট্রিক লোকোমোটিভ, জাহাজের প্রপালসন প্রভৃতি পরিচালনার কাজে মোটরের গতিবেগ এইরূপ দ্রুত পরিবর্তন করিবার প্রয়োজন হয়।

(১) জেনারেটোরের চুম্বকীয় বিশিষ্টতা বা সংপৃক্তি রেখা নির্ণয় (Determination of Magnetic Characteristic or Saturation Curve of a D. C. Generator)

যে-কোন ডি. সি. মেশিন (উহা জেনারেটরই হউক কিংবা মোটরই হউক) পরিচালনার ব্যাপারেই উহার চুম্বকীয় বিশিষ্টতার বিশেষ প্রভাব আছে। সেইজন্য মেশিন তৈরী করিবার পরেই অতিশয় যত্ন সহকারে এই বিশিষ্টতা নির্ণয় করিতে হয়। পরীক্ষা আরম্ভ করিবার পূর্বে ৪১(ক)নং চিত্রে যেরূপ দেখানো হইয়াছে, সেইভাবে

মেশিনের সহিত মিটার আর সরবরাহ লাইন সংযোগ করিতে হয়। ফীল্ডের সহিত সিরিজে একটি অ্যাম্পিটার, আর আর্মেচারের দুই প্রান্তের মধ্যে একটি ভোল্টমিটার সংযুক্ত থাকে। এই অ্যাম্পিটারের নির্দেশ গ্রাফ-কাগজের ভূমিরেখায় আর ভোল্টমিটারের নির্দেশ বোর্ডিংতে বসাইয়া একটি বেথা টানিলেই স্ফুরেশন্ কার্ভ বা সম্পৃক্তি রেখা পাওয়া যায়।

জেনারেটর যে শ্রেণীরই হউক না কেন, সম্পৃক্তি বেথা নির্ণয় করিবার জন্য উহাকে সবদাই সেপারেটলি এক্সাইটেড জেনারেটর হিসাবে পৰ্য্যবেক্ষণ করিতে হয়। ইহার কারণ দুইটি। প্রথমতঃ, জেনারেটর নিজেই উহার ফীল্ড-কয়েলে তড়িৎ সরবরাহ করিলে আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ আর ফীল্ডের বারেন্ট পরস্পরের উপর নির্ভরশীল হইয়া পড়ে। ইহাতে ফীল্ডের তড়িৎ-প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করিতে গেলে আর্মেচারের, তড়িৎ-চাপও সেই সঙ্গে পরিবর্তিত হয়, আব তড়িৎ-চাপের এই পরিবর্তন পুনরায় ফীল্ড-কারেন্টকে পরিবর্তিত করে। ফলে ফীল্ড-কয়েল দিয়া এক নির্দিষ্ট পরিমাণ কারেন্ট



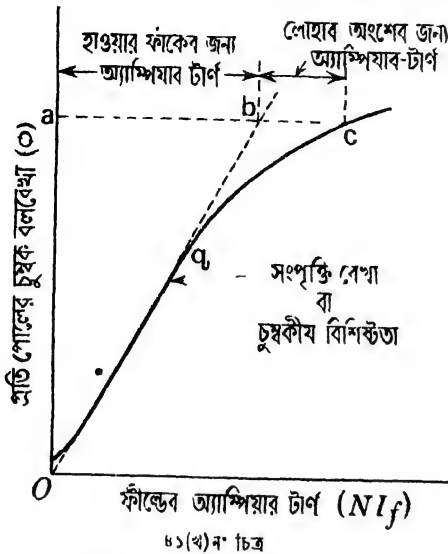
সম্পৃক্তি বেথা নির্ণয় করিবার জন্য জেনারেটরের সংযোগ
৭০ (ক)নং চিত্র

পাঠানো অসম্ভব হইয়া দাঁড়ায়। দ্বিতীয়তঃ, ফীল্ড দিয়া যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাহা আর্মেচারে তড়িৎ-চাপের সৃষ্টি করে, ফলে ভোল্টমিটারের নির্দেশ আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ চাপ অপেক্ষা সামান্য কিছুটা কম হয়।

প্রথমে মেন স্ফিচ খুলিয়া রাখিয়া জেনারেটরকে নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘূরাইতে হয়। যদি কোন কারণে গতিবেগ সমান রাখা না যায়, তবে ভোল্টমিটারের নির্দেশকে প্রকৃত গতিবেগের অন্তরালে সংশোধন করিয়া লওয়া প্রকার। পরীক্ষার সময় লক্ষ্য রাখিতে হয় ফীল্ডের তড়িৎ-প্রবাহ যেন সবদা একই দিকে পরিবর্তিত হইতে থাকে, অর্থাৎ হয় শূন্যমান হইতে বৃদ্ধি পাইয়া ক্রমে ক্রমে যেন সর্বোচ্চমানে পৌছায়, অথবা সর্বোচ্চমান হইতে ক্রমে ক্রমে যেন শূন্যমানে আসিয়া দাঁড়ায়। এইরূপ না করিয়া যদি ফীল্ড-কারেন্ট একবার বেশী আর একবার কম করা হয়, তবে সম্পৃক্তি রেখা টানিবার সময় দেখা যাইবে যে, উহাতে কতকগুলি ছোট ছোট 'হিসটারেসিস-লুপ' (hysteresis loop) বা 'চুম্বকীয় শৈথিল্য-পর্যায়' সৃষ্টি হইয়াছে।

জেনারেটরের আর্মেচারে যে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়, তাহা ফীল্ডের চুম্বক বলরেখা ও আর্মেচারের গতিবেগ, উভয়ের গুণফলের সমানুপাতী। এখন, আর্মেচারের

গতিবেগ অপরিবর্তিত থাকিলে এই তড়িৎ-চাপ কেবলমাত্র বলরেখারই সমান্তরাল হইবে। আবার চুম্বক বলরেখা ফীন্ডের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ দ্বারা উৎপন্ন হয়। তাই কোন গাফ-কাগজের ভূমি-বেখায় ফীন্ডের ভিন্ন ভিন্ন অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ আর কোটিতে এই



হইতে আবস্ত করিলেই এই বেখা বাঁকিয়া অবনত হয়। ৪১(খ)নং চিত্রে q -বিন্দুতে ইহা দেখানো হইয়াছে।

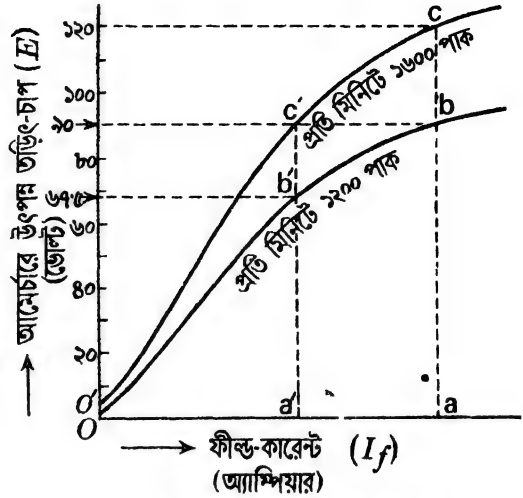
কোন ছেনারেটেবে ফীন্ডেব অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ হাওয়াব ফাঁকেব জন্ত কতটা প্রয়োজন, আর মোসনের লোহার অংশের জন্তই বা কতটা প্রয়োজন, তাহার একটা মোটামুটি হিসাব এই সংপৃক্তি বেখা হইতেই পাওয়া যায়। ৪১(খ)নং চিত্রটি লক্ষ্য কর। মনে কব, সংপৃক্তি বেখাব c -বিন্দুতে অ্যাম্পিয়ার-টার্ণেব এই হিসাব বাহির করিতে হইবে। c -বিন্দু হইতে ভূত্রেব সমান্তরাল করিয়া একটি বেখা টান। ইহা কোটিকে a -বিন্দুতে ছেদ করিল। এইবার ভূজ ও কোটিব সংযোগ বিন্দু হইতে সংপৃক্তি রেখার স্পর্শক রূপে Ob রেখাটি টান। এই রেখা ac কে b -বিন্দুতে ছেদ করিল। এখন, ab হাওয়াব ফাঁকেব জন্ত অ্যাম্পিয়ার টার্নের পরিমাণ, আবার bc লোহার অংশের জন্ত অ্যাম্পিয়ার-টার্ণের পরিমাণ নির্দেশ করিবে।

পরীক্ষাব দ্বারা চুম্বকীয় বিশিষ্টতা নির্ণয় করিবার সময়ে লেখচিত্রেব ভূজে অ্যাম্পিয়ার-টার্ণেব পরিবর্তে কেবলমাত্র ফীন্ড-কাবেট আর কোটিতে চুম্বক-বেখাব পরিবর্তে আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ চাপ বসাইয়া রেখা টান হয়। ইহাতে কিন্তু রেখাচিত্রের বিশিষ্টতা কোন প্রকারেই পরিবর্তিত হয় না। ৪১(গ)নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারিবে।

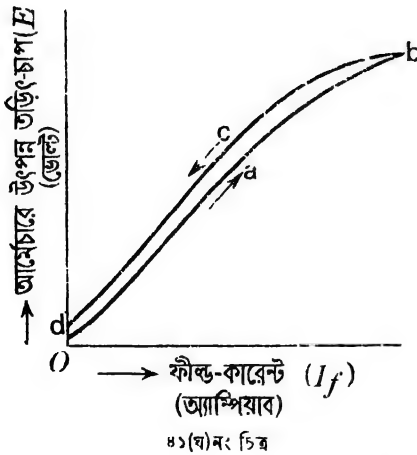
অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ গুণায়ী চুম্বক বল-বেখা বসাইয়া একটি বেখা টানিলে তাহা ৪১(খ)নং চিত্রে প্রদর্শিত রেখাচিত্রের তায় হইবে। এই বেখা-চিত্রই ছেনারেটেবেব 'শ্বাচুরেশন্ কার্ভ' নামে পরিচিত। প্রত্যেক ফীন্ডে কিছু-না-কিছু চুম্বকত্বের অবশেষ (residual magnetism) থাকে বলিয়া শ্বাচুরেশন্ কার্ভ লেখচিত্রেব শূন্য-বিন্দু হইতে স্তর না হইয়া তাহা অপেক্ষা সামান্য কিছুটা উপরে অল্প বোন বিন্দু হইতে স্তর হয়। প্রথম দিকে উহা একটি সরল রেখার তায় উপবেব দিকে উঠিতে থাকে, কিন্তু ফীন্ডের চুম্বক সংপৃক্ত

থাকে, কিন্তু ফীন্ডের চুম্বক সংপৃক্ত

এই চিত্রে একই জেনারেটরের দুইটি আলাদা সংপৃক্ত রেখা দেখানো হইয়াছে। ফীল্ডের চুম্বক-রেখার সংখ্যা অপরিবর্তিত থাকিলে আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ মেসিনের গতিবেগের সমানু-পাত্তি হয়। সেইজন্য মেসিনের গতিবেগ কম বা বেশী হইলে সংপৃক্ত রেখার অবস্থানেরও পরিবর্তন হইতে থাকে, যাদও ইহাতে রেখার আকৃতি-গত বৈশিষ্ট্যের কোন পরিবর্তন ঘটে না। ৪১(গ)নং চিত্রে সংপৃক্ত রেখা দুইটির সাহায্যে এই তথ্যই বুঝানো হইয়াছে। মেসিন যখন প্রতি মিনিটে ১২০০ পাক ঘোরে তখন পাওয়া যায় $Oa'b'$ রেখাচিত্রটি, আর যখন প্রতি মিনিটে ১৬০০ পাক ঘোরে তখন পাওয়া যায় $O'c'b'$ রেখাচিত্রটি। এই দুই রেখাচিত্র এমনভাবে



গতিবেগের পরিবর্তনের জন্য একই জেনারেটরের
দুইটি পৃথক সংপৃক্ত রেখা।
৪১(গ)নং চিত্র



গণস্থিত থাকে যাহাতে abc কোটিতে

$$\frac{ab}{ac} = \frac{1200}{1600}$$

৭য়। সেইকণ $a'b'c'$ কোটিতেও

$$\frac{a'b'}{a'c'} = \frac{1200}{1600}$$

হইবে।

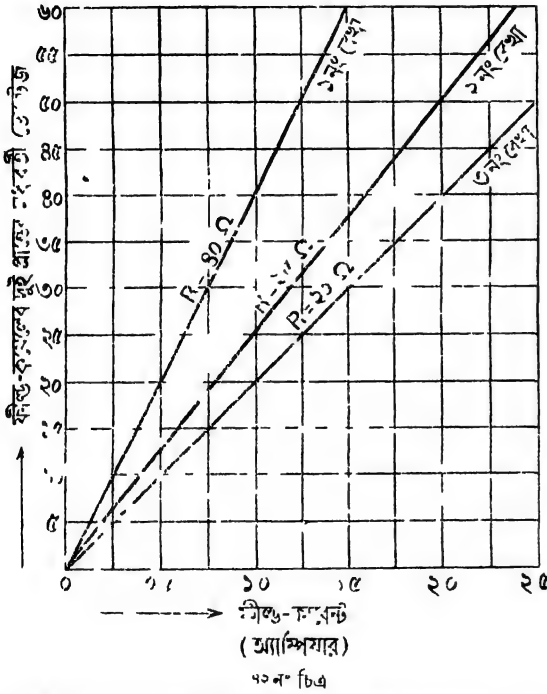
এখন, জেনারেটরের ফীল্ড-কারেন্ট যদি শূন্যমান হইতে বৃদ্ধি পাইয়া কমে কমে সর্বোচ্চমানে পৌঁছায়, এবং সর্বোচ্চমান হইতে আবার ক্রমিতে আরম্ভ করিয়া ক্রমে ক্রমে শূন্যমানে চলিয়া আসে, তবে যে ধরনের সংপৃক্ত

রেখা পাওয়া যাইবে, তাহা ৪১(ঘ)নং চিত্রে দেখানো হইল। ফীল্ডের কারেন্ট যখন বৃদ্ধি পায়, তখন সংপৃক্ত রেখা Oab হয়, আর ফীল্ডের কারেন্ট যখন ক্রমিতে থাকে, তখন সংপৃক্ত রেখা bcd হয়। তড়িৎ-চুম্বকের চুম্বকীয় শৈথিল্যের জন্যই

সংপৃক্তি রেখার অবস্থান ফীল্ডের কাবেন্ট বাড়িবার সময় একরূপ আর কমিবার সময় অন্তরূপ হইয়া থাকে।

(২) ফীল্ড-রেজিস্ট্যান্স লাইন বা ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স-রেখা (Field-Resistance Line)

একটি সাধারণ তড়িৎ বর্তনীতে যদি রোধের (resistance) পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে, তবে উহাতে যে তড়িৎ-প্রবাহেব সৃষ্টি হয় তাহা ওমের নিয়ম (Ohm's Law) অনুসারে সদৃশ বর্তনীর তড়িৎ চাপের সমান্তরাল হইয়া থাকে। এই কারণে গ্রাফ-



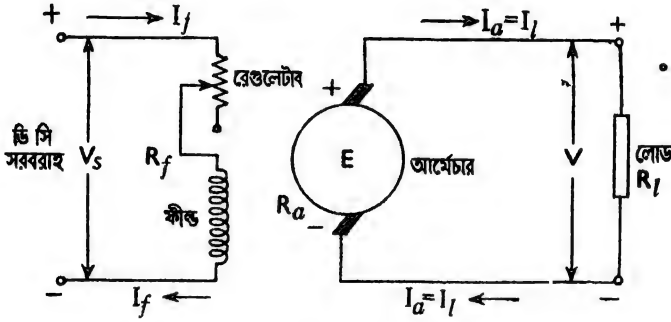
কাগজেব ভূজ বরাবর কোন বর্তনীর ভিন্ন ভিন্ন কাবেন্ট (অ্যাম্পিয়াব), আর কোটি বরাবর বর্তনীতে ঐ সকল কাবেন্ট উৎপন্ন করিবার পক্ষে উপযুক্ত তড়িৎ-চাপ (ভোল্ট) বসাইয়া যদি একটি বেখা টানা যায়, তবে তাহা একটি সরলবেখা হইবে। এই বেখাকে ইংরেজিতে 'রেজিস্ট্যান্স লাইন' বলে। ভূজ ও কোটির সংযোগ-বিন্দু (origin) হইতে উৎপন্ন হইয়া এই সরল-বেখা ভোল্টেজ আর কাবেন্ট যত বৃদ্ধি পায়

ততই উপরেব দিকে উঠিতে থাকে। উদাহরণস্বরূপ, মনে কব কোন বর্তনীর রোধ ২৫ ওম। এই বর্তনী দিয়া ১ অ্যাম্পিয়াব কাবেন্ট পাঠাইতে হইলে ২৫ ভোল্ট তড়িৎ-চাপ প্রয়োগ কবা প্রয়োজন, আবার ৫০ ভোল্ট তড়িৎ-চাপ প্রয়োগ করিলে ইহাতে ২০ অ্যাম্পিয়াব তড়িৎ-প্রবাহ পাওয়া যায়, ইত্যাদি। তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহের এই সম্বন্ধ ৪২নং চিত্রের ২নং বেখার সাহায্যে দেখানো হইয়াছে।

এখন, কোন ডি. সি. জেনারেটোরের ফীল্ড-কয়েল দিয়া যে তড়িৎ প্রবাহিত হয় তাহা ভূজে বসাইয়া, আর ফীল্ড-কয়েলের দুই প্রান্তের মধ্যে যে ভোল্টেজ থাকে তাহা কোটিতে বসাইয়া, যদি একটি রেখাচিত্র টানা যায়, তবে যে সরলরেখাটি পাওয়া যাইবে তাহা ঐ জেনারেটোরের ফীল্ড-রেজিস্ট্যান্স লাইন বা ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স-রেখা

হইবে। এই রেখার যে-কোন বিন্দুতে উহার Slope (অর্থাৎ ভুজের সহিত এই রেখা যদি 0° ডিগ্রী কোণ উৎপন্ন করিয়া অবস্থান করে, তবে $\tan \theta$) ফীল্ড-কয়েলের রেজিস্ট্যান্স বা বোধের পরিমাণ নির্দেশ করিবে। বোধের মূল্য যত কম হইবে, এই রেখা ততই ভুজের নিকটবর্তী হইবে থাকিবে, আর বোধ যত বেশী হইবে, এই রেখা ততই কোটির দিকে সন্নিবিষ্ট থাকিবে। ৪২নং চিত্রে ১নং, ২নং আর ৩নং—এই তিনটি রেখা লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারিবে। ৩নং বেখা ২০ ওম নির্দেশ করিতেছে বলিয়া উহা ভুজের সমাপেক্ষা নিকটে অবস্থিত বহিয়াছে, আর ১নং বেখা ৭০ ওম নির্দেশ করিতেছে বলিয়া উহা কোটির নিকটতম রেখা।

(৩) সেপারেটলি এক্সাইটেড জেনারেটরের বিশিষ্টতা (Characteristics of Separately-Excited Generator)



৪২নং চিত্র

প্রত্যেক ডাইনামোতেই আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা লাইনেব ভোল্টেজ কম হয়। মেসিনেব যে যে অংশ দিয়া তড়িৎ বাহিত হয়, সেই সেই অংশের রোধের জন্মিত তড়িৎ-চাপেব পতন ঘটে। বেজিস্ট্যান্সকে ক্যাপেন্ট দিয়া গুণ করিলে যে পরিমাণ তড়িৎ-চাপ নষ্ট হয়, তাহা পাওয়া যায়। আবাব কম্যাটেটাবেব উপরে ব্রাশ যদি ঠিকমত বসানো না থাকে, তবে কম্যাটেটাবে আশ্রয় দেয়। ইহাতেও তড়িৎ-চাপের ঘাটতি হয়। এই ঘাটতিকে ‘ব্রাশ কন্ট্যাক্ট ড্রপ’ (brush contact drop) বা ‘ব্রাশ তড়িৎ-চাপের পতন’ বলে।

এখন মনে কব, E = আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ,

V = লাইন-ভোল্টেজ বা টার্মিনাল ভোল্টেজ বা প্রাপ্তিক চাপ,

I_a = আর্মেচার-কারেন্ট বা জেনারেটরে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-প্রবাহ,

I_l = লাইন-কারেন্ট বা লোড-সার্কিটের কারেন্ট,

R_a = আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স,

V_b = ফীল্ড-সার্কিটের ছুই প্রান্তের মধ্যবর্তী ভোল্টেজ,

$$I_f = \text{ফীল্ড-কারেন্ট,}$$

$$R_f = \text{ফীল্ড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স, এবং}$$

$$R_l = \text{লোড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স।}$$

অতএব ৪৩নং চিত্র অত্যাধী

(১০) আর্মেচার আর লোড সিরিজে থাকার জন্য

$$I_a = I_l = \frac{V}{R_l} \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

(২০) $E = V + I_a R_a + (\text{ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন})$ ভোল্ট,
আবার ইহা আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ বলিয়া

$$E = \phi Z \frac{N}{60} \frac{P}{A} \text{ ভোল্ট,}$$

(৩০) জেনারেটরের আউটপুট বা লোডের জন্য বৈদ্যুতিক-শক্তি = VI_l ওয়াট,

$$\text{অথবা } \frac{VI_l}{1000} \text{ কিলোওয়াট,}$$

(৪০) জেনারেটরে উৎপন্ন মোট বৈদ্যুতিক-শক্তি = EI_a ওয়াট,

$$\text{অথবা } \frac{EI_a}{1000} \text{ কিলোওয়াট,}$$

$$(৫০) I_f = \frac{V_f}{R_f} \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

(৬০) ডি সি. সরবরাহ হইতে গ্রহীত বৈদ্যুতিক-শক্তি = $V_f I_f$ ওয়াট,

$$\text{অথবা } \frac{V_f I_f}{1000} \text{ কিলোওয়াট,}$$

(৭০) ফীল্ডের চুম্বক যদি অসংপূর্ণ (unsaturated) হয়, তবে $\phi \propto I_f$ ।

উদাহরণ ৩-১। একটি সেপারেটলি এক্সাইটেড ডাইনামোর ফীল্ড-কারেন্ট অপরিবর্তিত রাখিয়া উহার লোডের পরিমাণ ৫০০ কিলোওয়াট হইতে কমানিয়া ২৫০ কিলোওয়াট করা হইল। যদি এই জেনারেটরের টার্মিনাল ভোল্টেজ লোডের সকল অবস্থাতেই ৫০০ ভোল্ট থাকে, তবে উহার গতিবেগ শতকরা কত ভাগ কমানিতে হইবে? মেসিনের দুই প্রান্তের মধ্যে ০.০১৫ ওম রেজিস্ট্যান্স আছে, আর উহার আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া নগণ্য।

$$\text{এখানে } V = ৫০০ \text{ ভোল্ট,}$$

$$KW_1 = ৫০০,$$

$$KW_2 = ২৫০, \text{ আর}$$

$$R_a = ০.০১৫ \text{ ওম।}$$

ফীল্ডের কারেন্ট অপরিবর্তিত থাকায় আর আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া নগণ্য হওয়াতে প্রতি পোলার চুম্বক-রেখাও (অর্থাৎ ϕ) অপরিবর্তিত থাকিবে। আর এই উদাহরণে যেহেতু আর্মেচারে তড়িৎ-চাপের পতন সম্বন্ধে কোন উল্লেখ নাই, অতএব তাহা অগ্রাহ্য করিতে হইবে।

মেসিনের লোড যখন ৫০০ কিলোওয়াট, তখন লোড-কাবোট

$$I_{L1} = \frac{KW_1 \times 1000}{V} = \frac{500 \times 1000}{500} = 1000 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

কিন্তু সেপারেটলি এক্সাইট্রড জেনারেটাবে আমেচার-কাবোট = লোড-কাবোট।

$$\therefore I_{a1} = I_{L1} = 1000 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

অতএব আমেচারে উৎপন্ন ভোল্টেজ চাপ

$$E_1 = V + I_{a1} R_a = 500 + 1000 \times 0.015 = 515 \text{ ভোল্ট।}$$

এই অবস্থায় আমেচারের গতিবেগ যদি N_1 (r.p.m.) হয়, তবে ϕ অপরিবর্তিত থাকার জন্য

$$E_1 \propto N_1$$

হইবে।

যখন লোডকে কমাইবা ২৫০ কিলোওয়াট করা হইল তখন লোড-কাবোট

$$I_{L2} = \frac{KW_2 \times 1000}{V} = \frac{250 \times 1000}{500} = 500 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\text{সুতরাং } I_{a2} = I_{L2} = 500 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\text{অতএব } E_2 = V + I_{a2} R_a = 500 + 500 \times 0.015 = 507.5 \text{ ভোল্ট।}$$

এখন যদি আমেচারের গতিবেগ কমিয়া N_2 (r.p.m.) হয়, তবে

$$E_2 \propto N_2$$

হইবে।

গতিবেগ যতটা কমিল ততাব পরিমাণ প্রতি মিনিটে $(N_1 - N_2)$ পাক।

সুতরাং গতিবেগ শতকরা যত ভাগ কমিল ততাব পরিমাণ

$$\begin{aligned} \frac{N_1 - N_2}{N_1} \times 100 &= \frac{E_1 - E_2}{E_1} \times 100 \\ &= \frac{515 - 507.5}{515} \times 100 \\ &= \frac{7.5 \times 100}{515} \\ &= 1.456 \end{aligned}$$

উদাহরণ ৩২ একটি সেপারেটলি এক্সাইটেড জেনারেটর যখন প্রতি মিনিটে ১২০০ পাক ঘোরে, তখন উহা ১১৫ ভোল্টে ২০০ অ্যাম্পিয়ার ভোল্টে সরবরাহ করে। যদি লোড-সার্কিটের রেজিস্ট্যান্স আব মেসিনের ফীল্ড কারেন্ট অপরিবর্তিত থাকে, তবে প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক ঘুরিবার সময় ঐ জেনারেটর কত অ্যাম্পিয়ার ভোল্টে সরবরাহ করিতে পারিবে? আরমেচারের রেজিস্ট্যান্স ০.০৪ ওম জানে। ভোল্ট-চাপের ঘাটতির মোট পরিমাণ ২ ভোল্ট আব আরমেচারের প্রতি ক্রিয়া নগণ্য।

এখানে $V = 115$ ভোল্ট,

$$I_{a1} = I_{L1} = 200 \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$N_1 =$ প্রতি মিনিটে ১২০০ পাক,

$N_2 =$ প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক,

ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন = ২ ভোল্ট, আব

$R_a = ০.০৪$ ওহম।

$$\text{এখন, } R_l = \frac{V_1}{I_{l1}} = \frac{১২৫}{২০০}$$

$$= ০.৬২৫ \Omega$$

$$\therefore E_1 = V_1 + I_{a1} R_a + \text{ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন}$$

$$= ১২৫ + ২০০ \times ০.০৪ + ২$$

$$= ১৩৫ \text{ ভোল্ট।}$$

ফীল্ড-কাবেট অপরিবর্তিত থাকায় আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ মেনিনের গতিবেগের সমানুপাতী হইবে; অর্থাৎ

$$E_1 \propto N_1,$$

$$\text{আর } E_2 \propto N_2।$$

$$\therefore \frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\therefore E_2 = \frac{E_1 N_2}{N_1}$$

$$= \frac{১৩৫ \times ১০০০}{১২০০}$$

$$= ১১২.৫ \text{ ভোল্ট।}$$

এখন মনে কর, প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক ঘূরিবার সময় জেনারেটর V_2 ভোল্টে I_{l2} অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ সরবরাহ করে। কিন্তু

$$I_{l2} = I_{a2}।$$

$$\text{আবার } E_2 = V_2 + I_{l2} R_l + \text{ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন।}$$

R_l অপরিবর্তিত থাকায়

$$R_l = \frac{V_2}{I_{l2}} \text{ ওহম,}$$

$$\therefore V_2 = I_{l2} \times R_l \text{ ভোল্ট।}$$

$$\text{অতএব, } E_2 = I_{l2} R_l + I_{a2} R_a + \text{ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন,}$$

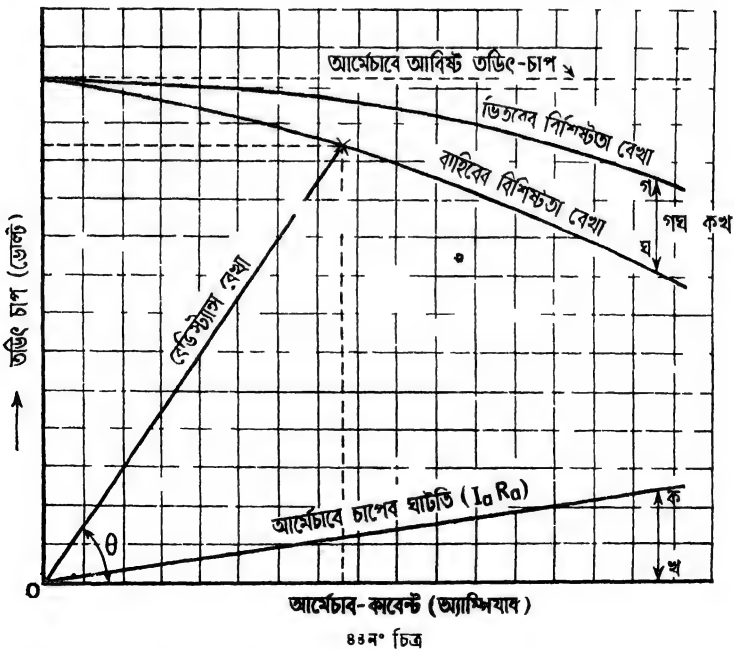
$$\text{অথবা } I_{l2} (R_l + R_a) = E_2 - \text{ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন}$$

$$= ১১২.৫ - ২.০$$

$$= ১১০.৫ \text{ ভোল্ট।}$$

$$\begin{aligned} \therefore I_{L2} &= \frac{110 \cdot 5}{R_L + R_a} \\ &= \frac{110 \cdot 5}{0.625 + 0.08} \\ &= 166.2 \text{ অ্যাম্পিয়াব।} \end{aligned}$$

সেপারেটরি এক্সাইটেড ডাইনামোতে ক্ষীণ কয়েল আরমেচার হইতে আলাদা থাকে। তাহ যতক্ষণ ক্ষীণ দিয়া তড়িৎ সমানভাবে প্রবাহিত হয়, ততক্ষণ গতিবেগ কম-বেশী না হইলে আরমেচারে আবিষ্ট তড়িৎ চাপও সমান থাকে। এই চাপের পরিমাণ ৪৪ন° চিত্রে সকলের উপরে ফটকী ফটকী বেগের সাহায্যে দেখানো হইয়াছে। ইহা মেশিনের লোডবিহীন অবস্থার ভোল্টেজ। ইংরাজিতে ইহাকে ‘ওপন সার্কিট ক্যার্যাক্টারিস্টিক’ (Open-Circuit Characteristic) বলে। কিন্তু যখনই মেশিন তড়িৎ সরবরাহ করিতে আরম্ভ করে, তখনই আরমেচারের প্রতিরোধের জন্য ম্যান্ডেব চুম্বকত্ব কিছু কমিয়া যায়। ফলে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ আর অপরিবর্তিত থাকে না। আরমেচার দিয়া যত বেশী তড়িৎ প্রবাহিত হইতে আরম্ভ করে, আবিষ্ট তড়িৎ চাপ ততই কমিতে থাকে। এই অবস্থা দ্বিতীয় বেগের সাহায্যে দেখানো হইয়াছে। ইহাই জেনারেটরের ‘ভিতরের বিশিষ্টতা বেগ’ (Internal or Total Characteristic)।



এইবার ছবিব নীচের দিকে আরমেচারের বোধ জনিত ঘাটতি (armature drop বা $I_a R_a$ -drop) যাহা হইবে তাহার বেগা আঁকা হইল। দ্বিতীয় বেগা হইতে যদি

এই ঘাটতি (যেমন 'ক-খ') বাদ দেওয়া যায়, তবে তাহাতে ডাইনামোর 'বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা' (External Characteristic) পাওয়া যাইবে, অর্থাৎ লোড-কারেন্ট অঙ্কমারে মেসিনের প্রান্তিক ভোল্টেজ কত হইতে পারে, তাহার হিসাব মিলিবে।

এখন, জেনারেটাবেব রেজিস্ট্যান্স-বেখা (resistance line) প্রয়োজনীয়তা কত তাহাই দেখানো হইতেছে। মনে কর, ডাইনামো হইতে বাহিরের এমন এক বর্তনীতে তড়িৎ পাঠাইতে হইবে যাহার বোধ ৫-ওম। এই বর্তনীতে কত ভোল্টেজে কত কারেন্ট পাঠানো সম্ভব তাহা জানিতে হইলে রেজিস্ট্যান্স-বেখা টানা প্রয়োজন। দুই রকমভাবে এই বেখা টানা যায়—

(ক) যেহেতু বর্তনীর রোধ ৫ ওম $\left(\frac{২৫ \text{ ভোল্ট}}{৫ \text{ অ্যাম্পিয়ার}}, \text{ কিংবা } \frac{৫০ \text{ ভোল্ট}}{১০ \text{ অ্যাম্পিয়ার}}, \text{ ইত্যাদি} \right)$,

সেইজন্ত মনে কর, ৫০ ভোল্ট দাগেব সমরেখায় একটি শয়ান (horizontal) বেখা টানা হইল, আব ১০-অ্যাম্পিয়ার দাগ হইতে উপরের দিকে একটি লম্ব-রেখা (vertical line) টানা হইল। এই দুই বেখা যে বিন্দুতে ছেদ করিল এইবাব সেই বিন্দু হইতে দুই ও কোটির সংযোগ-বিন্দু (অর্থাৎ '০' বিন্দু) পর্যন্ত একটি সরলরেখা টান। ইহাই ৫ ওমের রেজিস্ট্যান্স-বেখা। এই রেখাকে বাহিবের বিশিষ্টতা-বেখা পর্যন্ত বাড়ানো দাগ। যে বিন্দুতে এই বেখা বিশিষ্টতা-বেখাকে ছেদ বা স্পর্শ করিবে, সেই বিন্দু হইতে কোটি পর্যন্ত একটি শয়ান বেখা টান। এই রেখা যে দাগে গিয়া পৌছাইবে, বাহিবের বর্তনীতে তড়িৎ সরবরাহ করিবাব সময় জেনারেটোরের টার্মিনাল ভোল্টেজ তত হইবে, আব ঐ ছেদ বা স্পর্শ-বিন্দু হইতে একটি দাঁড়া বেখা নীচেব দিকে টানিলে উহা যে দাগে ভূমিবেখা স্পর্শ করিবে, তত অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট ঐ বর্তনীতে পাঠানো সম্ভব হইবে।

(খ) $\tan \theta = ৫$ । ত্রিকোণমিত্তির তালিকা (trigonometrical table) হইতে দেখিতে পাওয়া যাইবে যে, এই θ -র মূল্য ৭৮ ৭ ডিগ্রী। অতএব, ভূজের সহিত ৭৮ ৭ ডিগ্রী কোণ বচনা করিয়া একটি সরলরেখা টানিয়া তাহাকে বাহিবের বিশিষ্টতা-বেখা পালন্ত বাড়াইয়া দিলে ঐ স্পর্শ-বিন্দু পাওয়া যাইবে। কিন্তু যেখানে রেখা-চত্রের ভূজের মেল আব কোটির মেল সমান হয়, কেবলমাত্র সেখানেই এই উপায়ে রেজিস্ট্যান্স-বেখা টানা যাইতে পারে, নইলে প্রথম উপায়েই টানিতে হয়।

৩-৪। শাণ্ট জেনারেটর (Shunt Generator)

শাণ্ট জেনারেটোরের ফীল্ড আমেচারের সঙ্গে প্যার্যাললে সংযুক্ত থাকে। এই জেনারেটারে উৎপন্ন তড়িৎ আমেচার হইতে বাহির হইয়া পজিটিভ ব্রাশে যায় এবং দুই ভাগে বিভক্ত হয়। এক ভাগে মোট কারেন্টের অর্ধ সামান্য অংশ ও অন্য ভাগে বেশী অংশ থাকে। সামান্য অংশ ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইয়া নেগেটিভ ব্রাশে আসে, আর কারেন্টের বাকী অংশ বাহিরের বর্তনীতে যায়। সেখানে বাতি

আলানো, মোটর চালানো, প্রভৃতি কাজ করিয়া পরে নেগেটিভ টার্মিনালে আসিয়া ফীল্ড-কারেন্টের সহিত একত্রিত হয়, এবং আর্মেচারে ঢুকিয়া সার্কিট পূর্ণ করে।

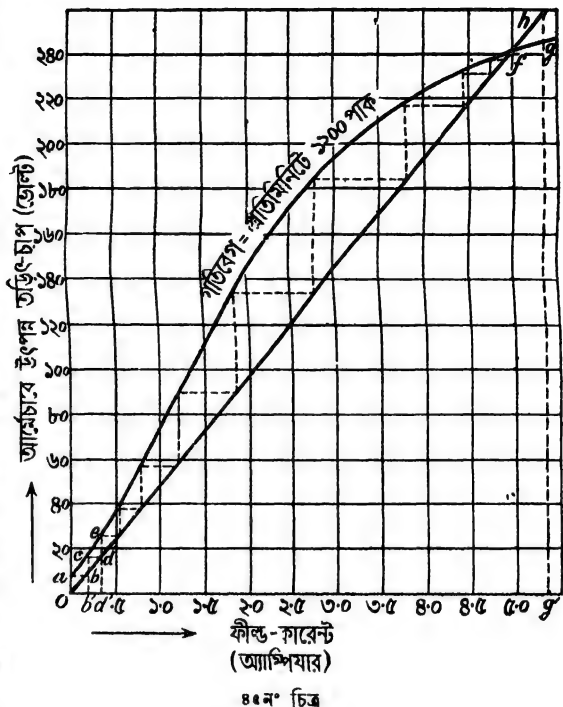
• ভিন্ন ভিন্ন সার্কিটে তড়িৎ প্রবাহের পরিমাণ ভিন্ন ভিন্ন হয় বলিয়া মেসিনের অংশের নামে ঐ সকল কারেন্টের নাম দেওয়া হইয়াছে ; যেমন, আর্মেচার-কাব-ট, ফীল্ড-কাব-ট, লোড-কাব-ট, ইত্যাদি। এখন, যেহেতু সার্কিট মেসিনের নীচে খুব অল্প কারেন্ট প্রয়োজন হয়, সেহেতু ফীল্ড-সার্কিটের রেজিস্ট্যান্স অপেক্ষাকৃত বেশী হওয়া দরকার। ফীল্ডের বেজিস্ট্যান্স কম হইলে বেশীর ভাগ কাব-ট বাহিরের বস্তুতে না যাওয়া ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইবে, এবং পুনরায় আর্মেচারে ফিরিয়া আসিবে। ইহাতে লোড-কাব-ট আর সেই সঙ্গে মেসিনের কমক্ষমতা অনেকাংশে কমিয়া যাইবে। কোন মেসিনের ক্ষেত্রেই এই প্রকার অবস্থা বাঞ্ছনীয় নহে। এই কারণেই ফীল্ড-কয়েল তৈরী করিবাব সময় অপেক্ষাকৃত সৰু তার ব্যবহার করা হয়, আর কাব-টের পরিমাণ অল্প বলিয়া প্রয়োজনীয় সংখ্যক অ্যাম্পিয়ার-টার্ন (ampere-turn) যাহাতে পাওয়া যায়, সেইজন্য প্রতি পোলে তারের পাকের সংখ্যা অনেক বেশী রাখা থাকে। *সক তাব আর পাকের সংখ্যা যদি, এই উভয় ব্যবস্থাই ফীল্ড-কয়েলের বেজিস্ট্যান্স অনেক বাড়িয়া দেয়। তাহা ছাড়া অধিকাংশ ক্ষেত্রেই একটি অতিবিক্ত রেজিস্ট্যান্স ফীল্ড-কয়েলের সহিত সিবিজে জুড়িয়া দেওয়া হয়। এই রেজিস্ট্যান্সকে যাহাতে প্রয়োজন-মত কম-বেশী করা যায়, সেইরূপ বন্দোবস্তও ইহাতে করা থাকে। কলে ফীল্ড-সার্কিটের রোধ এড়ি করা ছাড়াও এই অতিরিক্ত বেজিস্ট্যান্সের সাহায্যে ফীল্ডের কারেন্ট কম-বেশী করিয়া চুষক বলেরথা ও সেই সঙ্গে আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপকে নিয়ন্ত্রণ করা যায়। ফীল্ড কারেন্ট বা তড়িৎ-চাপকে নিয়ন্ত্রণ করে বলিয়াই এই রেজিস্ট্যান্স সাধারণভাবে ‘ফীল্ড-বেণ্ডলেটাব’ বা ‘ভোল্টেজ-বেণ্ডলেটাব’ নামে পরিচিত।

(১) সার্কিট জেনারেটরে তড়িৎ-চাপ উৎপাদন (Building up of Voltage in a Shunt Generator)

সেল্ফ-এক্সাইটেড জেনারেটরে (অর্থাৎ যে-সকল জেনারেটরের নীচে উহার নিজেরই আর্মেচার হইতে তড়িৎ সরবরাহ করা হয়) তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করিতে হইলে মেসিনের ফীল্ড-পোলে কিছু পরিমাণ চুষকত্বের অবশেষ (residual magnetism) সর্বদাই থাকা প্রয়োজন। মেসিনকে বিশ্রাম দিবার জগ্ন যখন সাময়িকভাবে বন্ধ রাখা হয়, তখন উহার ফীল্ড-কয়েল দিয়া কোন তড়িৎ প্রবাহিত হয় না, কিন্তু তখনও তড়িৎ-চুষকের ধর্ম অস্তিত্বী স্বল্পসংখ্যক বলেরথা ফীল্ড-সার্কিটে থাকিয়া যায়। এই বলেরথাকেই ‘চুষকত্বের অবশেষ’ বা ইংরাজিতে ‘রেসিডুয়াল ম্যাগনেটিজম’ বলে। কোন কারণে যদি ফীল্ড-সার্কিটের এই অবশেষ-চুষকত্ব নষ্ট হইয়া যায়, তবে জেনারেটর চালু করিলেও আর্মেচারে কোন তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হইতে পারে না।

৪৫নং চিত্রে একটি সাঁট জেনারেটোরের সম্পৃক্ত রেখা ও ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স-রেখা দেখানো হইয়াছে।

এই রেখা দুইটি এবই লেখচিত্রের (graph) উপর অঙ্কিত রহিয়াছে। লেখচিত্রের দুই বরাবর ভিন্ন ভিন্ন ফীল্ড-কারেন্ট আর কোটি বরাবর ঐ সকল কারেন্ট অন্তর্গত আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ বসাইয়া যে রেজিস্ট্যান্স-রেখা আঁকা হইয়াছে তাহার রোধ ৪৮-ওহম, অর্থাৎ ৫ মেরিনের দুই প্রান্তের মধ্যে যখন ২৪০ ভোল্ট পাওয়া যায়, তখন ফীল্ড দিয়া ৫ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়, ১২০ ভোল্ট পাওয়া গেলে ২৫ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হইতে পারে, ইত্যাদি।



চালু করিবার সময় প্রথমে যখন মেরিন স্থির অবস্থায় থাকে, তখন উহাতে কোন তড়িৎ-চাপ থাকে না! কিন্তু চালু করিবার পরে আর্মেচারে যখন তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়, তখন সেই চাপ ধাপে ধাপে বৃদ্ধি পাইয়া ক্রমে নিদিষ্ট ভোল্টেজে আসিয়া পৌঁছায়, তাহাই এখন বলা হইতেছে :

জেনারেটর উহাব নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘূর্ণিতে আরম্ভ করা মাত্র আর্মেচারের পরিবাহীসমূহ, অবশেষ-চুম্বকস্থের দক্ষন ফীল্ড-সারকিটে যে অল্পসংখ্যক চুম্বক-রেখা থাকিয়া যায়, তাহাদের ছেদ করে, ফলে আর্মেচারে খুব অল্প পরিমাণ তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। ৫৫নং চিত্রে ইহা oa -দ্বারা দেখানো হইয়াছে। এই তড়িৎ-চাপের পরিমাণ ৮ ভোল্ট। ইহাকে সাধারণতঃ 'অবশেষ ভোল্টেজ' বা 'রেসিডুয়াল ভোল্টেজ' (Residual Voltage) বলে। এখন, ফীল্ড-সারকিট আর্মেচারের সহিত প্যার্যাললে সংযুক্ত বলিয়া এই তড়িৎ-চাপ ফীল্ড-কয়েল দিয়াও কারেন্ট পাঠাইবে। a -বিন্দু হইতে b জের সমান্তরাল করিয়া যদি একটি শয়ান রেখা টানা যায়, আর যদি ঐ রেখা ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স-রেখাকে b -বিন্দুতে ছেদ করে, তবে ab এই কারেন্টের পরিমাণ নির্দেশ করিবে। ৪৫নং চিত্র লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে,

$ab = ob' =$ প্রায় ০.২ অ্যাম্পিয়ার।

ফীল্ড দিয়া যখন 'এই পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তখন সংপৃক্তি রেখা হইতে দেখা যায় যে, আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পাইয়া $b'c$ -এর সমান, অর্থাৎ প্রায় ১৬ ভোল্ট হইয়াছে। আর্মেচারে তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পাওয়াতে ফীল্ড দিয়াও পূর্বাপেক্ষা বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হইবে, আর সেই কারেন্ট od' -এর সমান হইবে, অর্থাৎ প্রায় ০.৩৩ অ্যাম্পিয়ার হইবে। বর্ধিত ফীল্ড কারেন্ট তড়িৎ-চাপকে বাড়াইয়া $d'e$ -এর সমান করিলে, পরিবর্তে $d'e$ ফীল্ডে আরও বেশী তড়িৎ সরবরাহ করিবে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, প্রতিবার ফীল্ড-কয়েল দিয়া যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাহা আর্মেচারের তড়িৎ-চাপকে বৃদ্ধি করে, পরিবর্তে সেই বর্ধিত তড়িৎ-চাপ ফীল্ড-সারকিটে পূর্বাপেক্ষা বেশী কারেন্ট সরবরাহ করে।

এইভাবে জেনারেটরে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ ধাপে ধাপে বৃদ্ধি পাইয়া অবশেষে যে বিন্দুতে ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স রেখা সংপৃক্তি রেখাকে ছেদ করিয়াছে, সেই f' -বিন্দুতে আসিয়া পৌঁছায়। এই বিন্দুর পরে তড়িৎ-চাপ আর বাড়ে না, কারণ ইহার পরে তড়িৎ-চাপকে বাড়াইতে গেলে ফীল্ড-কয়েল দিয়া যে-পরিমাণ কারেন্ট পাঠাইতে হয়, মেসিনের আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ সেই পরিমাণ কারেন্ট ফীল্ডে সরবরাহ করিতে পারে না। ইহা ঘটিতে হইলে f' -বিন্দুকে অতিক্রম করিয়া ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স-রেখার উপর আর একটি বিন্দু h' কল্পনা কর। যদি জেনারেটরকে এই বিন্দুতে পরিচালনা করিতে হয়, তবে উহার ফীল্ডে od'' -এর সমান বা প্রায় ৫.৩ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট পাঠানো প্রয়োজন, আর এই পরিমাণ কারেন্ট পাঠাইতে হইলে ফীল্ড-সারকিটের কার্যকারী ভোল্টেজ gh' -এর সমান বা প্রায় ২৫৬ ভোল্ট হওয়া দরকার। কিন্তু সংপৃক্তি রেখা হইতে দেখা যায় যে, ফীল্ডের কারেন্ট যখন ৫.৩ অ্যাম্পিয়ার, আর্মেচারে তখন মাত্র gh' -এর সমান বা প্রায় ২৪৪ ভোল্ট তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়। সুতরাং আর্মেচারে ২৫৬ ভোল্ট তড়িৎ-চাপ আদিষ্ট না হওয়াতে ফীল্ড দিয়া ৫.৩ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হইতে পারিবে না, আর সেক্ষেত্রে জেনারেটরের পক্ষে f' -বিন্দুকে অতিক্রম করিয়া অর্থাৎ কোন উচ্চতর তড়িৎ-চাপের বিন্দুতে পৌঁছান সম্ভব হইবে না।

সাঁট জেনারেটরের সংপৃক্তি রেখা লোড-শূন্য অবস্থায় তড়িৎ-চাপ আর কারেন্টের মধ্যে সম্বন্ধ নির্দেশ করে বলিয়া ইহাকে মেসিনের 'ওপন-সারকিট ক্যারাক্টারিস্টিক' (Open-Circuit Characteristic) বা লোড-শূন্য অবস্থার বিশিষ্টতা-রেখাও বলা হয়।

(২) (ক) ক্রিটিক্যাল ফীল্ড-রেজিস্ট্যান্স (Critical Field Resistance)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, কোন জেনারেটরের ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স যত বাড়িতে থাকে, উহার রেজিস্ট্যান্স-রেখা ততই কোটির অধিকতর নিকটবর্তী হয়; আর এই রেজিস্ট্যান্স-রেখা যে-বিন্দুতে সংপৃক্তি রেখাকে ছেদ করে, একটি সাঁট জেনারেটর সেই ছেদ-বিন্দু পর্যন্তই তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করিতে পারে। এখন, যদি কোন সাঁট

ডি. সি. মেশিন

জেনারেটোরের ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স-রেখা উঠার স'প্তক্ৰি রেখাকে অবশেষ-ভোল্টেজের (residual voltage) নিকট ছেদ করিয়া যায়, তবে উহার আর্মেচারে কেবলমাত্র অবশেষ-ভোল্টেজের সমান তড়িৎ চাপ উৎপন্ন হইবে, এবং ইহা অপেক্ষা অধিক তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিতে

জেনারেটর ব্যর্থ হইবে।

৪৬(ক)নং চিত্রে মেশিনের

এই অবস্থান দেখানো

হইয়াছে। ফীল্ডের রেজি-

স্ট্যান্স যখন ১২০ ওম,

০.৫ বেগাটি তখন ফীল্ডের

রেজিস্ট্যান্স-রেখা। এই

রেখা স'প্তক্ৰি রেখাকে

০.৫-বিন্দুতে ছেদ করিতেছে

বলিয়া মেশিনের আর্মেচারে

০.৫ পরিমাণ তড়িৎ-চাপ

উৎপন্ন হইবে। স'প্তক্ৰি

রেখা হইতে দেখা যাইবে

যে, এই তড়িৎ-চাপ প্রায়

১২ ভোল্টের সমান।

ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স

যতক্ষণ ১২০ ওম থাকিবে,

জেনারেটর ততক্ষণ ১২

ভোল্টের অধিক তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিতে সমর্থ হইবে না। কিন্তু যদি ফীল্ড-

সারকিটেব রেজিস্ট্যান্স ধীরে ধীরে কমানো যায়, তবে রেজিস্ট্যান্স-রেখা ক্রমশঃ ভূজের

দিকে সরিতে থাকিবে, এবং এক সময়ে উহা স'প্তক্ৰি রেখার স্পর্শক (tangent) রূপে

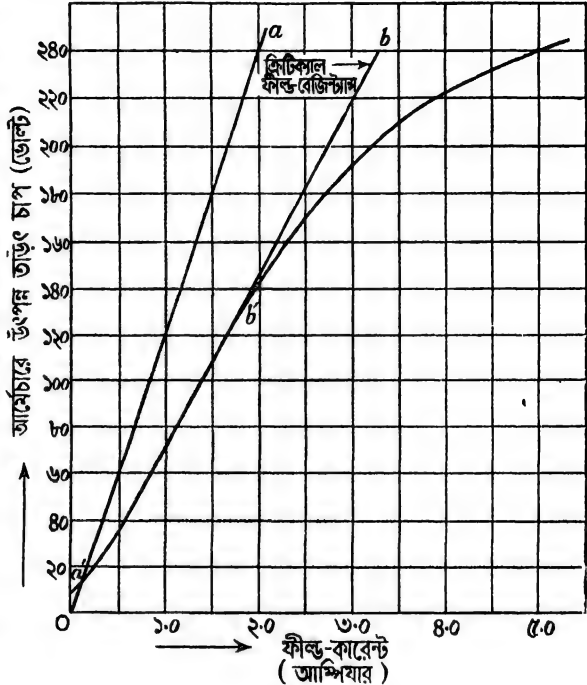
অবস্থান করিবে। রেজিস্ট্যান্স-রেখার এইরূপ অবস্থান ob সবলরেখাটির সাহায্যে

দেখানো হইয়াছে। এই অবস্থায় আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ পুনরায় বৃদ্ধি পাইতে

আরম্ভ করিবে, এবং ধাপে ধাপে বাড়িয়া তাহা h'-বিন্দু পর্যন্ত অগ্রসর হইবে।

ফীল্ড সারকিটেব রেজিস্ট্যান্স যত হইলে রেজিস্ট্যান্স-রেখা স'প্তক্ৰি রেখার স্পর্শক রূপে অবস্থান করে, ফীল্ডের সেই পরিমাণ রেজিস্ট্যান্সকে জেনারেটোরের 'ক্রিটিক্যাল ফীল্ড-রেজিস্ট্যান্স' বলা হয়। রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ এই ক্রিটিক্যাল ফীল্ড-রেজিস্ট্যান্স অপেক্ষা বেশী হইলে আর্মেচারে প্রয়োজনীয় তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হইতে পারে না।

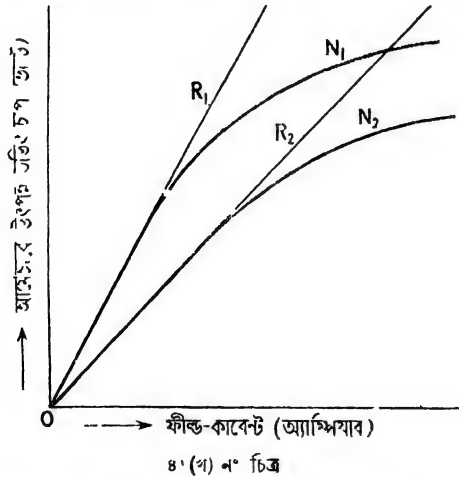
**(২)(খ) জেনারেটোরের ক্রিটিক্যাল স্পীড বা ক্রিটিক্যাল গতিবেগ
(Critical Speed of D. C. Generator)**



যে-কোন ডি. সি. জেনারেটরের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ উত্থার গতিবেগের সমানুপাতি থাকে। সেইজন্য গতিবেগের পরিবর্তন হইলে যখন আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ পরিবর্তিত হয়, তখন মেসিনের সংপৃক্ত রেখার অবস্থানেরও পরিবর্তন ঘটে। গতিবেগ বাড়িলে তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পায়, আব সেই সঙ্গে সংপৃক্ত রেখাও লেখচিত্রের কোটির দিকে সরিয়া যায়। আবাব গতিবেগ কমিতে আরম্ভ করিলে সংপৃক্ত রেখাও ক্রমশঃ ভ্রূজের অধিকতর নিকটবর্তী হইতে থাকে। এইভাবে কোন এক নির্দিষ্ট গতিবেগে যখন সংপৃক্ত রেখা ফীল্ড-বেজিস্যাম্স-রেখার স্পর্শকরূপে অবস্থান কবে, তখন ফীল্ড-সার্কিটের সেই রেজিস্যাম্সই জেনারেটরের ক্রিটিক্যাল ফীল্ড-রেজিস্যাম্স হইয়া দাঁড়ায়।

আর্মেচার প্রতি মিনিটে যত পাক ঘুরিলে ফীল্ড-সার্কিটের নির্দিষ্ট রেজিস্যাম্স জেনারেটরের ক্রিটিক্যাল ফীল্ড-বেজিস্যাম্স হিসাবে কাজ করে, আর্মেচারের সেই গতিবেগকেই জেনারেটরের 'ক্রিটিক্যাল স্পীড' বা 'ক্রিটিক্যাল গতিবেগ' বলা হয়।

নীচের ৪৬(খ)নং চিত্রটি লক্ষ্য কর। আর্মেচারের N_1 গতিবেগের জন্য ফীল্ডের R_1 রেজিস্যাম্স এবং আর্মেচারের N_2 গতিবেগের জন্য ফীল্ডের R_2 বেজিস্যাম্স



ক্রিটিক্যাল ফীল্ড-বেজিস্যাম্স হিসাবে কাজ করিতেছে। অতএব, ফীল্ড-বেজিস্যাম্স যখন R_1 , জেনারেটরের ক্রিটিক্যাল গতিবেগ তখন N_1 , আর ফীল্ড-বেজিস্যাম্স যখন R_2 , জেনারেটরের ক্রিটিক্যাল গতিবেগ তখন N_2 ।

(৩) জেনারেটরে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন না হওয়ার বিভিন্ন কারণ (Causes of Failure for a Self-Excited Generator to Build Up)

চালু করিবার পরে যে-সকল সম্ভাব্য কারণে একটি জেনারেটর তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিতে ব্যর্থ হইতে পারে, সেই সকল কারণ নিম্নে আলোচনা করা হইল :

(ক) দীর্ঘদিন যাবৎ অব্যবহৃত অবস্থায় থাকিলে, কিংবা হঠাৎ জোরে ফাঁকানি লাগিলে, কোন জেনারেটোরের ফাঁড়-সারকিটে অবশেষ-চুম্বকত্ব (residual magnetism) আর না থাকিতেও পারে। দেশেজের জেনারেটোর তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিতে পারিবে না। আর্নেচারের বহন যদি কোথাও খোলা না থাকে, কিংবা যে ভোল্টমিটারের সাহায্যে মেসিনের তড়িৎ-চাপ মাপা হয় তাহাতে যদি কোন দোষ না থাকে, তবে মেসিন চালু করিবার পূর্বে ভোল্টমিটারে কিছু-না-কিছু ভোল্টেজ দেখাইবেই। মিটারে কোন ভোল্টেজ না দেখা গেল বৃত্তিতে হইবে ফাঁড়-সারকিটের অবশেষ-চুম্বকত্ব যে কোন কারণেই শুষ্ক বিনষ্ট হইয়া গিয়াছে।

এই অবস্থার প্রতিকারের জন্ত ফাঁড়-কয়েলের দুই প্রান্ত সাময়িকভাবে অল্প কোন ডি. সি. সরবরাহের সহিত সংযুক্ত করা প্রয়োজন। ইহাতে পোল-কোরগুলি উত্তেজিত পাইয়া পুনরায় চুম্বক বলবৎতা উৎপন্ন করিতে পারিবে। প্রতিকারের এই ব্যবস্থাকে ‘ফাঁড়কে জ্বালা করা’ (flaming the field) বলে। সাঁচ জেনারেটোরের ক্ষেত্রে কেবলমাত্র একটি গেটারেজ ব্যাটারি কিংবা একটি ড্রাই সেল (dry cell) হইতে ফাঁড়-কয়েলে নিম্ন-চাপে তড়িৎ সরবরাহ করিলেই ফাঁড়-সারকিটে প্রয়োজনীয় অবশেষ-চুম্বকত্ব পাওয়া যায়। কিন্তু সেক্ষেত্রে প্রথমে ফাঁড়-কয়েলকে পরীক্ষামূলকভাবে সংযোগ করিয়া দেখিয়া লইতে হয় প্রতি পোল কোরে সঠিক মেরুত্ব উৎপন্ন হইয়াছে কিনা।

(খ) জেনারেটোরের সাঁচ ফাঁড় আর্নেচারের সহিত এমনভাবে সংযুক্ত থাকিতে পারে যাহাতে মেসিন চালু করিবার পরে ফাঁড়-কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় অবশেষ-চুম্বকত্ব আর না বাড়িয়া কমশঃ কমিতে আরম্ভ করে। এই অবস্থায় জেনারেটোর তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিতে পারে না।

পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইলে প্রথমে মেসিনের ফাঁড়-সারকিট খুলিয়া দেওয়া প্রয়োজন। ফাঁড় খুলিয়া দেওয়ার পরে যদি আর্নেচারে তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পায়, তবে বৃত্তিতে হইবে ফাঁড়-কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হওয়াব জন্ত অবশেষ-চুম্বকত্ব হ্রাস পাইতেছে। তখন এই অবস্থার প্রতিকার বারিতে আর্নেচারের সহিত ফাঁড়-সারকিটের সংযোগ উল্টা করিয়া দিতে হইবে।

(গ) ফাঁড়-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স ‘ক্রিটিক্যাল ফাঁড়-রেজিস্ট্যান্স’ অপেক্ষা বেশী হইলে জেনারেটোর তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিতে পারে না।

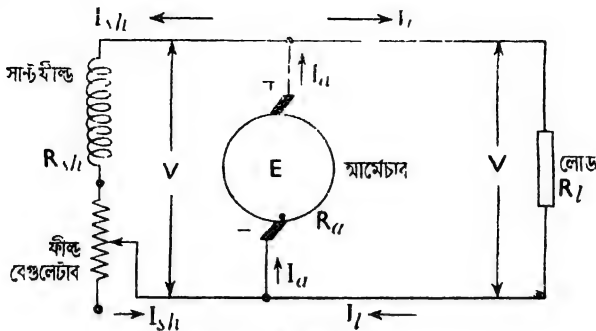
এই অবস্থার প্রতিকারের জন্ত যতক্ষণ না আর্নেচারে তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে, ততক্ষণ ফাঁড়ের রেজিস্ট্যান্সকে ধীরে ধীরে কমাইতে হইবে।

(ঘ) কম্যুটেটারের সহিত ব্রাশের সংযোগ যদি ঠিকমত না থাকে, তবে সংযোগস্থলের রেজিস্ট্যান্স বৃদ্ধি পায়; আর এই বর্ধিত রেজিস্ট্যান্স ফাঁড়ের রেজিস্ট্যান্সের সহিত একত্রিত হইয়া যদি ‘ক্রিটিক্যাল ফাঁড়-রেজিস্ট্যান্স’ অপেক্ষা অধিক হয়, তবে জেনারেটোর তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিতে পারে না।

পরীক্ষা করিবার জন্ত মেসিনের প্রত্যেকটি ব্রাশকে আলাদা আলাদা ভাবে চাপিয়া ধরিতে হইবে। যদি দেখা যায় তাহাতে মেসিনের তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পাইতেছে, তবে

বুঝিতে হইবে সংযোগ ঠিকমত হয় নাই। তখন সংযোগস্থলে যাহাতে হাওয়ার ফাঁক বা ময়লা জমিয়া না থাকে, সেইজন্য কম্বাটের এবং ব্রাশের উপরিভাগ সিরিশ-কাগজ দিয়া ঘষিয়া মসৃণ আর পবিত্রাব করিয়া দিতে হইবে।

(৪) শাণ্ট জেনারেটরের বিশিষ্টতা (Characteristics of Shunt Generator)



ডি. নি শাণ্ট জেনারেটর

৭৭নং চিত্র

৫৭ নং চিত্রে একটি শাণ্ট জেনারেটরের বিভিন্ন সাবকিট, তাহাদের পরস্পরের মধ্যে সংযোগ, প্রত্যেকটি সাবকিটের বোধ (resistance) আব তড়িৎ প্রবাহ প্রভৃতি দেখানো হইয়াছে।

এখন মনে কর,

E = আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ চাপ (induced e.m.f. in armature),

V = জেনারেটরের প্রান্তিক চাপ বা লোড-ভোল্টেজ বা লোড-সাবকিটের ভোল্টেজ,

I_a = আর্মেচারের কারেন্ট বা জেনারেটরে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-প্রবাহ,

I_h = শাণ্ট ফিল্ডের কারেন্ট,

I_L = লোড কারেন্ট বা জেনারেটরের আউটপুট-কারেন্ট,

R_L = লোড সাবকিটের রেজিস্ট্যান্স বা বোধ,

R_a = আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স বা বোধ,

R_{sh} = শাণ্ট ফিল্ডের (বেঞ্জলেটরসহ) মোট রেজিস্ট্যান্স বা বোধ, এবং

A = আর্মেচারের প্যার্যালেল-রাস্তার সংখ্যা।

অতএব

(১) আর্মেচারের প্রতিটি প্যার্যালেল-রাস্তায় তড়িৎ প্রবাহের

$$\text{পরিমাণ} = \frac{I_a}{A} \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

(২) $I_a = I_L + I_h$ অ্যাম্পিয়ার,

- (৮.০) কীল্ড-সারকিটের দুই প্রান্তের মধ্যবর্তী তড়িৎ-চাপ আর লাইন-ভোল্টেজ একই হওয়াতে

$$I_{th} = \frac{V}{R_{th}} \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

- (১০) $I_t = \frac{V}{R_t}$ অ্যাম্পিয়ার,

- (১১.০) $E = V + I_a R_a$ + ব্রাশের সংযোগস্থলে তড়িৎ-চাপের পতন (ভোল্ট),
 $= \phi Z \frac{N}{60} \frac{P}{A}$ ভোল্ট,

- (১২.০) আর্মেচারে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি $= I_a R_a$ ভোল্ট,

- (১৩.০) জেনারেটরের আউটপুট বা

লোড-সারকিটের জ্ঞাত মোট তড়িৎ-শক্তি $= VI_t$ ওয়াট

অথবা $\frac{VI_t}{1000}$ কিলোওয়াট,

- (১৪.০) জেনারেটাবে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি $= EI_a$ ওয়াট

অথবা $\frac{EI_a}{1000}$ কিলোওয়াট,

- (১৫.০) জেনারেটরের ইনপুট বা প্রাইম মুভারের

$$\text{আউটপুট} = \frac{\text{জেনারেটরের আউটপুট}}{\text{জেনারেটরের কর্মক্ষমতা}},$$

$$= - \frac{VI_t \times 100}{\text{জেনারেটরের \% কর্মক্ষমতা}} \text{ ওয়াট,}$$

$$= - \frac{VI_t \times 100}{\text{জেনারেটরের \% কর্মক্ষমতা}} \times 746 \text{ অশক্তি।}$$

উদাহরণ ৩-৩। একটি সার্কিট জেনারেটরের খোলা লাইনে আবিষ্ট ভোল্টেজ ১২৭ ভোল্টস্। যখন মেশিনটি ফুল লোড সরবরাহ করে, তখন ইহা ব টারমিনাল ভোল্টেজ ১২০ ভোল্টস্ হয়। যদি ফিল্ডের রেসিস্ট্যান্স ১৫ ওমস্ এবং আর্মেচার-এর রেসিস্ট্যান্স ০.০২ ওম হয়, তবে ইহার লোড কারেন্ট কত হইবে তাহা নির্ণয় কর। লোড কারেন্ট নির্ণয় করিতে আর্মেচার রিঅাকশন-কে উপেক্ষা করিতে পার। (Elec. Sup. December, '69, '71)

এখানে জেনারেটরের খোলা লাইনে আবিষ্ট ভোল্টেজ বলিতে আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ বুঝায়। অতএব

$$E = 127 \text{ ভোল্ট,}$$

$$V = 120 \text{ ভোল্ট,}$$

$$R_{th} = .5 \text{ ওম, আর}$$

$$R_a = 0.02 \text{ ওম।}$$

এই উদাহরণে ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতির বিষয়ে কোন উল্লেখ নাই, সুতরাং তাহা উপেক্ষা করা যাইতে পারে।

অতএব, $E = V + I_a R_a$ ভোল্ট,

$$\begin{aligned}\therefore I_a &= \frac{E - V}{R_a} \\ &= \frac{129 - 120}{0.02} \\ &= \frac{90}{0.02} \\ &= 4500 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{কিন্তু } I_{s1} &= \frac{V}{R_{th}} \\ &= \frac{120}{15} \\ &= 80 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}\end{aligned}$$

আবার $I_a = I_l + I_{s1}$ অ্যাম্পিয়ার,

$$\begin{aligned}\therefore I_l &= I_a - I_{s1} \\ &= 4500 - 80 \\ &= 4420 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}\end{aligned}$$

উদাহরণ ৩৪। একটি ডি. সি. মোটর একটি ডি. সি. জেনারেটরের সহিত সরাসরি-ভাবে যুক্ত আছে। জেনারেটরটির উপর full load দিয়া একটি ammeter ও একটি voltmeter-এর সাহায্যে দেখা গেল যে ইহার voltage ৪২০ এবং ইহা ৩০ amp. current দিতেছে। যদি জেনারেটরটির efficiency ৯০%, হয় তবে মোটরটির H. P. কত?

(Elec. Sup, July, 1966)

এখানে, $V = 420$ ভোল্ট,

$I_l = 30$ অ্যাম্পিয়ার, গার

জেনারেটরের কর্মক্ষমতা = ৯০%।

জেনারেটরের আউটপুট = VI_l

$$= 420 \times 30$$

$$= 12600 \text{ ওয়াট।}$$

এখানে ডি. সি. মোটর জেনারেটরের প্রাইম মুভার হিসাবে কাজ করিতেছে।

অতএব

$$\begin{aligned}\text{মোটরের H. P.} &= \frac{\text{জেনারেটরের আউটপুট} \times 100}{\text{জেনারেটরের \% কর্মক্ষমতা}} \times 746 \\ &= \frac{12600 \times 100}{90 \times 746} \\ &= 18.99 \text{ অশ্বশক্তি।}\end{aligned}$$

উদাহরণ ৩-৫। একটি ২০০ কিলোওয়াট ক্ষমতাসম্পন্ন সার্কিট ভেনারেরটার পুরা লোড লাইশ চলিবার সময় উহার প্রাপ্তিক তড়িৎ চাপ ৬০০ ভোল্ট হয়। যদি এই মোসনের ফীল্ড-রেজিস্ট্যান্স ২৫০ ওম, আর্মচার রেজিস্ট্যান্স ০.০৩২ ওম এবং ব্রাশের রেজিস্ট্যান্স ০.০১৪ ওম হয়, তবে উহার আর্মচারে উৎপন্ন তড়িৎ চাপের পরিমাণ কত? (Elec Sup, June, 1960)

এই উদাহরণে ব্রাশ ভোল্ট চাপা ঘাটতির পরিমাণ উল্লেখ না করিয়া তাহাব পরিবর্তে ব্রাশের রেজিস্ট্যান্স দেওয়া হইয়াছে। ব্রাশ আর্মচারের সহিত সিবিজে সংযুক্ত থাকে, তাহা উহাব ভিতর দিয়া আর্মচার কাবোর্টেই প্রবাহিত হয়। সুতরাং ব্রাশের রেজিস্ট্যান্সকে আর্মচার কাবোর্ট দ্বারা গুণ করিলে গুণফল ব্রাশ তড়িৎ চাপের ঘাটতির পরিমাণ নির্দেশ করিবে।

এখানে, লোড = ২০০ কিলোওয়াট = ২০০×১০০০ ওয়াট,

$$V = ৬০০ \text{ ভোল্ট},$$

$$R_s = ২৫০ \text{ ওম}$$

$$R_a = ০.০৩২ \text{ ওম}, \text{ এবং}$$

$$(\text{ব্রাশের রেজিস্ট্যান্স}) R_b = ০.০১৪ \text{ ওম।}$$

$$\text{অর্থাৎ } VI_L = ২০০ \times ১০০ \text{ ওয়াট},$$

$$I_L = \frac{২০০ \times ১০০}{V}$$

$$= \frac{২০০ \times ১০০}{৬০০} = ৩৩.৩ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\text{সুতরাং } I_s = \frac{V}{R_s}$$

$$= \frac{৬০০}{২৫০}$$

$$= ২.৪ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\text{সুতরাং } I = I_L + I_s$$

$$৩৩.৩ + ২.৪$$

$$= ৩৫.৭ \text{ অ্যাম্পিয়ার, এবং}$$

$$\text{ব্রাশে তড়িৎ চাপের ঘাটতি} = I R_b$$

$$= ৩৫.৭ \times ০.০১৪$$

$$= ৪.৭ \text{ ভোল্ট।}$$

$$E = V + I_a R_a + \text{ব্রাশে তড়িৎ চাপের ঘাটতি}$$

$$= ৬০০ + ৩৫.৭ \times ০.০৩২ + ৪.৭$$

$$= ৬০০ + ১.০৭৪ + ৪.৭$$

$$= ৬১৫.৮৪ \text{ ভোল্ট।}$$

উদাহরণ ৩-৬। একটি ৪-পোল বিশিষ্ট সার্কট জেনারেটরের আর্মেচার ল্যাপ ওয়াইন্ডিং যুক্ত আছে। মেসিনের ফীল্ড এবং আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স যথাক্রমে ৫০ ওম আর ০.১ ওম। এই জেনারেটর যদি ৬০টি বাতিতে বিদ্যুৎ সরবরাহ করে, আর প্রত্যেকটি বাতি যদি ১০০-ভোল্ট, ৪০-ওয়াট হয়, তবে

(ক) আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ,

(খ) আর্মেচারের প্রতিটি প্যার্যালেল রাস্তায় তড়িৎ প্রবাহের পরিমাণ, এবং

(গ) আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের পরিমাণ কত হইবে তাহা নির্ণয় কর। প্রতি ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি ১ ভোল্ট করিয়া ধরিয়া লও।

পজিটিভ ব্রাশগুলি পরস্পরের সঙ্গে আর নেগেটিভ ব্রাশগুলি পরস্পরের সঙ্গে প্যার্যাললেলে সংযুক্ত থাকে বলিয়া তড়িৎ-চাপের ঘাটতির পরিমাণ হিসাব কবির সময় মেসিনের মোট ব্রাশের সংখ্যা দুই ধবিলেই চলে। এই উদাহরণে প্রতি ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি ১ ভোল্ট ব বিয়া ধরিতে বলা হইয়াছে। অতএব ব্রাশে তড়িৎ চাপের ঘাটতির মোট পরিমাণ দাঁড়াইবে $১ \times ২ = ২$ ভোল্ট।

এখন,

$$\text{লোড} = ৪০ \times ৬০ = ২৪০০ \text{ ওয়াট,}$$

$$V = ১০০ \text{ ভোল্ট,}$$

$$R_{sh} = ৫০ \text{ ওম,}$$

$$R_a = ০.১ \text{ ওম,}$$

$$P = ৪, \text{ আব}$$

$$A = ৪ \text{ (ল্যাপ-ওয়াইন্ডিং বলিয়া)}$$

অতএব

$$VI_t = ২৪০০ \text{ ওয়াট,}$$

$$\therefore I_t = \frac{২৪০০}{V}$$

$$= \frac{২৪০০}{১০০} = ২৪.০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$$

$$= \frac{১০০}{৫০}$$

$$= ২.০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

(ক) আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ

$$I_a = I_t + I_{sh}$$

$$= ২৪.০ + ২.০$$

$$= \underline{\underline{২৬.০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}}}$$

(খ) আর্মেচারের প্রতিটি প্যার্যালেল-রাশ্য তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ

$$= \frac{I_a}{A}$$

$$= \frac{26}{8}$$

$$= 3.25 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

(গ) আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের পরিমাণ

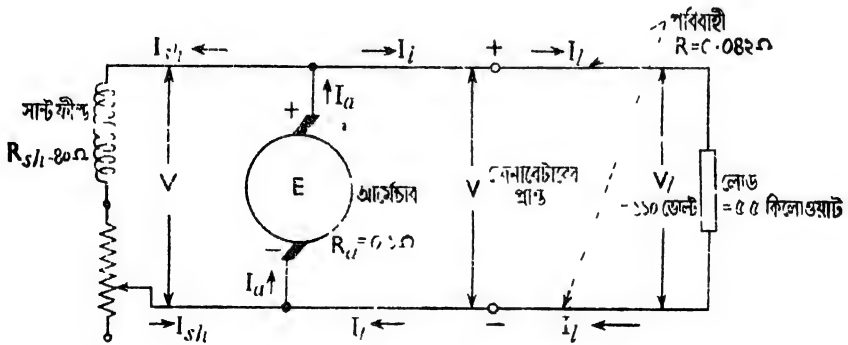
$$E = V + I_a R_a + \text{ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি}$$

$$= 110 + 26 \times 0.1 + 2.0$$

$$= 112.6 \text{ ভোল্ট।}$$

উদাহরণ ৩-৭। একজোড়া পরিবাহীর (feeder) সাহায্যে একটি সার্ট জেনারেটর বাহিরের বর্তনীতে ১১০ ভোল্টে ৫৫ কিলোওয়াট বিদ্যুৎ সরবরাহ করে। যদি পরিবাহীর সমবেত রোধ (resistance) ০.০৪২ ওম, আর্মেচারের রোধ ০.১ ওম আর সার্ট ফীল্ডের রোধ ৪০ ওম হয়, তবে জেনারেটরের প্রান্তিক ভোল্টেজ আর আর্মেচারের তড়িৎ-চাপ কত হইবে?

পরিবাহীর রোধের দরুন তড়িৎ-চাপের পতন ঘটে। তাই এই উদাহরণে জেনারেটরের প্রান্তিক ভোল্টেজ আর লোড-সার্কিটের ভোল্টেজ সমান হইবে না। ইহা ৪৮নং চিত্র লক্ষ্য করিলেই বুঝিতে পারিবে।



৪৮নং চিত্র

এখানে জেনারেটরের প্রান্তিক ভোল্টেজ = লোডের ভোল্টেজ + পরিবাহীতে তড়িৎ চাপের পতন। আবার পরিবাহীর সাহায্যে লোড-সার্কিটে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয় বলিয়া ঐ পরিবাহীর মধ্য দিয়া লোড-কারেন্টই প্রবাহিত হইবে। অতএব পরিবাহীতে তড়িৎ-চাপের পতন = (লোড-কারেন্ট) × (পরিবাহীর সমবেত রেজিস্ট্যান্স)।

এখন,

$$\text{লোড} = 55 \text{ কিলোওয়াট} = 5500 \text{ ওয়াট,}$$

$$(\text{লোডের ভোল্টেজ}) V_l = 110 \text{ ভোল্ট,}$$

(পরিবাহীর সমবেত রোধ) $R = ০.০৫২$ ওম,

$R_a = ০.১$ ওম, আর

$R_h = ৪০$ ওম।

অতএব $V_I I_I = ৫৫০০$ ওয়াট,

$$\therefore I_I = \frac{৫৫০০}{V_I}$$

$$= \frac{৫৫০০}{১১০}$$

$= ৫০$ অ্যাম্পিয়ার।

জেনারেটরের প্রান্তিক ভোল্টেজ,

$$V = V_I + I_I R$$

$$= ১১০ + ৫০ \times ০.০৫২$$

$$= ১১২.১ \text{ ভোল্ট।}$$

আবার

$$I_{,h} = \frac{V}{R_{,h}}$$

$$= \frac{১১২.১}{৭০}$$

$= ১.৬$ অ্যাম্পিয়ার,

এবং

$$I_s = I_I + I_{,h}$$

$$= ৫০ + ১.৬$$

$= ৫১.৬$ অ্যাম্পিয়ার।

ব্রাশে তড়িৎ-চাপের যে ঘাটতি হয় তাহার কোন উল্লেখ না থাকায় ঐ ঘাটতিকে উপেক্ষা করিতে হইবে। সুতরাং

$$E = V + I_a R_a$$

$$= ১১২.১ + ৫১.৬ \times ০.১$$

$$= ১১৭.৮ \text{ ভোল্ট।}$$

উদাহরণ ৩-৮। একটি সার্ট জেনারেটর যখন বাহিরের বর্তনীতে ৪০০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ সরবরাহ করে, তখন উহার আর্মেরে ৬২৫ ভোল্ট তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়। যদি ফিল্ডের কারেন্ট ৬ অ্যাম্পিয়ার আর অর্মেটারের রোধ ০.০৬ ওম হয়, তবে জেনারেটরের প্রান্তিক চাপ কত হইবে?

এখানে $E = ৬২৫$ ভোল্ট,

$I_f = ৬$ অ্যাম্পিয়ার,

$I_a = ৪০০$ অ্যাম্পিয়ার, আর

$R_a = ০.০৬$ ওম।

$$\begin{aligned}\text{অতএব } I_a &= I_l + I_{sh} \\ &= 800 + 7 \\ &= 807 \text{ অ্যাম্পিয়াব।}\end{aligned}$$

ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি সম্বন্ধে কোন উল্লেখ নাই, অতএব তাহা উপেক্ষা করিতে হইবে। সুতরাং

$$\begin{aligned}E - V + I_a R_a &\text{ ভোল্ট,} \\ \text{অথবা } V &= E - I_a R_a \\ &= 725 - 807 \times 0.07 \\ &= \underline{600.69 \text{ ভোল্ট।}}\end{aligned}$$

উদাহরণ ৩-৯। একটি ৪ পোল বিশিষ্ট সার্ক জেনারেটোরের আর্মেচারে ১২৮টি খাঁজ আছে, আর প্রতি খাঁজে ৪টি করিয়া পরিবাহী আছে। জেনারেটোর বাহিরের বর্তনীতে ২৪০ ভোল্টে ৪০০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ সরবরাহ করে। যদি চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রতি পোল ০.০৪৮ ওয়েবার বলরেখা উৎপন্ন করে, আর ফীল্ড এবং আর্মেচারের রোধ যথাক্রমে ৪৮ ওম এবং ০.০৪ ওম হয়, তবে আর্মেচারের গতিবেগ কত হইবে? আর্মেচার ল্যাপ ওয়াইন্ডিংগুক্ত।

$$\begin{aligned}\text{এখানে } V &= 240 \text{ ভোল্ট,} \\ I_l &= 400 \text{ অ্যাম্পিয়াব,} \\ R_a &= 0.04 \text{ ওম,} \\ R_{fb} &= 48 \text{ ওম,} \\ P &= 4, \\ A &= 8 \text{ (ল্যাপ ওয়াইন্ডিং বলিষ্ট),} \\ Z &= 128 \times 8 = 1024, \text{ আর} \\ \phi &= 0.048 \text{ ওয়েবার।} \\ I_{fb} &= \frac{V}{R_{fb}} \\ &= \frac{240}{48} \\ &= 50 \text{ অ্যাম্পিয়াব,} \\ \text{এবং } I_a &= I_l + I_{fb} \\ &= 800 + 50 \\ &= 850 \text{ অ্যাম্পিয়াব।}\end{aligned}$$

ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি সম্বন্ধে কোন উল্লেখ নাই। সুতরাং

$$\begin{aligned}E &= V + I_a R_a \\ &= 240 + 850 \times 0.04 \\ &= 274 \text{ ভোল্ট}\end{aligned}$$

$$\text{ক্ষিপ্র } E = \phi Z \frac{N}{60} \frac{P}{A} \text{ ভোল্ট,}$$

$$\begin{aligned} \text{অতএব } N &= \frac{60}{\phi Z P} \frac{AE}{P} \\ &= \frac{60 \times 8 \times 2562}{0.087 \times 512 \times 8} \end{aligned}$$

= ৬২৫ আব পি এম, অর্থাৎ

আর্মেচার প্রতি মিনিটে ৬২৫ পাক ঘুরিবে।

উদাহরণ ৩১০। একটি ৪-পোল বিশিষ্ট সার্কট জেনারেটরের আর্মেচার ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং যুক্ত। জেনারেটর প্রতি মিনিটে ৭৫০ পাক ঘোরে, আর উহার ফীল্ড এবং আর্মেচারের রোধ যথাক্রমে ২০০ ওম এবং ০.৪ ওম। যদি চুম্বক ক্ষেত্রের প্রতি মেক্সে ০.০২৯ ওয়েবার বলরেখা উৎপন্ন হয়, আব আর্মেচারের খাঁজে মোট ৭২০টি পবিবাহী থাকে, তবে জেনারেটরের প্রান্তিক চাপ কত হইবে? লোড সার্কিটের রেজিস্ট্যান্স ১০ ওম।

$$\begin{aligned} \text{এখানে, } P &= ৪, \\ A &= ২ \text{ (ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং বলিয়া)}, \\ N &= \text{প্রতি মিনিটে } ৭৫০ \text{ পাক,} \\ R_a &= ২০০ \text{ ওম,} \\ R_f &= ০.৪ \text{ ওম,} \\ \phi &= ০.০২৯ \text{ ওয়েবার,} \\ Z &= ৭২০, \text{ আব} \\ R_L &= ১০ \text{ ওম।} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{আর্মেচারের তড়িৎ-চাপ, } E &= \phi Z \frac{N}{60} \frac{P}{A} \\ &= 0.029 \times 720 \times \frac{750}{60} \times \frac{8}{2} \\ &= 521 \text{ ভোল্ট।} \end{aligned}$$

জেনারেটরের ফীল্ড আব লোড সার্কিট পবস্পারের সহিত প্যাব্যালেলে সংযুক্ত থাকে। তাহাদের সমবেত বেজিস্যান্স যদি R' হয়, তবে

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{200} + \frac{1}{10} = \frac{20+1}{200} = \frac{21}{200},$$

$$\therefore R' = \frac{200}{21} = 9.52 \text{ ওম।}$$

R' আর্মেচারের সহিত সিরিজে অবস্থান করিবে সুতরাং আর্মেচার-সার্কিটের মোট রেজিস্ট্যান্স, $R = R' + R_a$

$$= ২'৫২৪ + ০'৪$$

$$= ২'৯২৪ \text{ ওহম।}$$

∴ আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-প্রবাহ

$$I_a = \frac{E}{R} = \frac{৫২১}{২'৯২৪}$$

$$= ৫২'৫ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি মন্বন্ধে কোন উল্লেখ নাই।

$$\therefore E = V + I_a R_a \quad \text{ভোল্ট,}$$

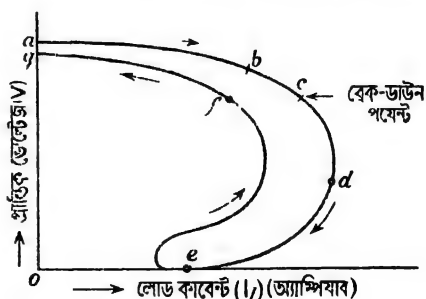
$$\text{অথবা } V = E - I_a R_a$$

$$= ৫২১ - ৫২'৫ \times ০'৪$$

$$= ৫০০ \text{ ভোল্ট।}$$

(ক). সাণ্ট জেনারেটরের বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা (External Characteristic of Shunt Generator)

সাণ্ট ডাইনামোর ফীল্ড-সার্কিট আর্মেচারের সহিত পার্যালেলে সংযুক্ত থাকে বলিয়া মেনিন চালিবার সময় দুইটি সম্পূর্ণ আলাদা সার্কিটের সৃষ্টি হয়। তাই যখন মেনিন লোডশূন্য অবস্থায় চলিতে থাকে, তখন উহার ফীল্ড-কয়েল দিয়া পুরা তড়িৎ প্রবাহিত হইতে কোন বাধা থাকে না। বরং তখনই উহার চুম্বকগুলি চরম উত্তেজন লাভ করে, ফলে সাণ্ট ডাইনামো যখন লোডশূন্য অবস্থায় চলে, তখনই উহার প্রান্তে (terminal) সর্বোচ্চ তড়িৎ-চাপ পাওয়া যায়। এই কারণে সাণ্ট মেনিনের বিশিষ্টতা-রেখা অনেকটা সেপ্যারেটলি এক্সাইটেড জেনারেটরের মত। কেবল তফাৎ এই যে, শেষেরটির ফীল্ড-কয়েল আলাদা জায়গা হইতে বিদ্যুতের সরবরাহ পায় বলিয়া উহার প্রান্তিক চাপ বরাবর সমান থাকে, আর সাণ্ট জেনারেটর নিজেই নিজের ফীল্ডে তড়িৎ সরবরাহ করে বলিয়া মেনিনে লোড পড়িলে যখন আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স জনিত চাপের ঘাটতি হয়, তখন ফীল্ডের প্রান্তে তড়িৎ-চাপ আর সেই সঙ্গে ফীল্ডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ একটু একটু করিয়া কমিয়া আসে। ইহাতে চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখা আর মেনিনের প্রান্তিক চাপ, উভয়ই কমিতে আরম্ভ করে।

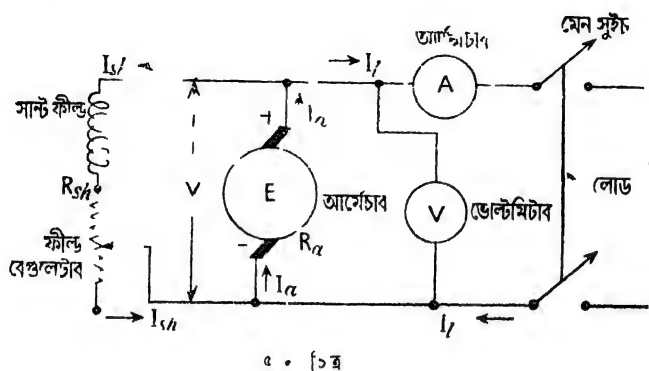


১২২ চিত্র

৪২নং চিত্রে একটি সাণ্ট জেনা-

রেটরের বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখাচিত্র দেখানো হইয়াছে। পরীক্ষার দ্বারা এই রেখাচিত্র নিগম করিতে হইলে নিম্নলিখিত উপায়ে তাহা করিতে হইবে:

প্রথমে জেনারেটরের দুই প্রান্তের মধ্যে একটি ভোল্টমিটার (V) আব উহার লাইনের সহিত সিরিজে একটি অ্যাম্পিটার (A) সংযুক্ত করা প্রয়োজন। ইহা ৫০নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। ভোল্টমিটার মেসনের প্রান্তিক চাপ আব অ্যাম্পিটার উহার লোড-কাৰেণ্ট নির্দেশ করিবে। লোডের বিভিন্ন অবস্থায় অ্যাম্পিটারের নির্দেশ যদি কোন লেখচিত্রের ভূজ বরাবর আব ভোল্টমিটারের নির্দেশ কোটি বরাবর বসাইয়া একটি বোখা টানা যায়, তবে তাহাই জেনারেটরের বাহিরের বৈশিষ্ট্য-বর্ণনা হইবে। শাণ্ট জেনারেটরের ক্ষেত্রে এই বোখাকে ইংৰাজিতে 'শাণ্ট ক্যারাক্টারিস্টিক' (Shunt Characteristic)-ও বলে।



জেনারেটরটি চালু করিয়া প্রথমে উহার আমেচারকে নির্দিষ্ট গাতবেগে ঘুরাইতে হইবে, পরে মেসিনে পূর্ণা বোড + যা - ডের রেগুলেটরকে এমনভাবে নিয়ন্ত্রণ করিতে হইবে যাহাতে জেনারেটরের পাণ্ডে নির্দিষ্ট পারমাণ (rated value) ভোল্টেজ পাওয়া যায়। এই অবস্থায় জেনারেটরটিকে ২০ হইতে ৩০ মিনিট পাণ্ড চালাইতে হইবে, আব তখন কোন মিটারের নির্দেশ পড়া চলবে না। মেসিন পরা লোড সহ চলিবার সময় তাপমাত্রা ষতটা বৃদ্ধি পায়, উহার দাঁড় উত্তর হইয়া যাহাতে সেই তাপমাত্রা পৌছাইতে পারে, সেইদরুই তৈরী করা দরকার। ইহার পর সমস্ত নোড অপসারিত করিয়া লোড সহ যন্ত্রায় তড়িৎ চাপের পরিমাণ কত তাহা ভোল্টমিটারের নির্দেশ দ্বারা পড়িতে হইবে। ৫ নং চিত্রে এই তড়িৎ চাপের পরিমাণ 0.8 ছাড়া দেখানো হইয়াছে। যন্ত্রের এই পরীক্ষার কাজ চরিত্রে, ততক্ষণ মেসিনের ফীল্ড রেগুলেটরে আব হাত দেওয়া মেসিনের ঘূর্ণন দ্বারা যথাক্রমে কম বা বেশী করা চলিবে না। ধীরে ধীরে লোডের পরিমাণ বাড়ানো হইবে, আব প্রত্যেকবার লোড বাড়াইবার পরে ভোল্টমিটার আব অ্যাম্পিটারের নির্দেশ পাড়তে হইবে। এই সময়ে ট্যাকোমিটার বা স্পীডোমিটারের সাহায্যে প্রত্যেকবার, ভোল্টেজ আব কারেন্ট দেখার আগে, মেসিনের গতিবেগ সমান আছে কিনা তাহা দেখিয়া লইতে হইবে। যদি দেখা যায় যে, জেনারেটর কিছু কম বা বেশী গতিবেগে চলিতেছে, তবে উহার

প্রাইম মুভারের (চালক মেশিনের) গতিবেগ ঠিক করিয়া দিতে হইবে। আর যদি মেশিনের গতিবেগ কিছুতেই একভাবে রাখা না যায়, তবে প্রত্যেকবার ভোল্টেজ আর কারেন্ট মাপিবার সঙ্গে সঙ্গে উহার গতিবেগও লিখিয়া রাখিতে হইবে, এবং রেখাচিত্র আঁকিবার সময় গ্রাফ-কাগজের উপর সংশোধিত ভোল্টেজের মূল্যই বসাইতে হইবে।

এইভাবে লোডগত অবস্থা হইতে ধীরে ধীরে লোড বাড়াইয়া জেনারেটরে পুরা লোড সংযোগ করা পর্যন্ত ভোল্টমিটার আর অ্যাম্পিটারের নির্দেশ লক্ষ্য করিয়া গেলে দেখা যাইবে, ভোল্টমিটারের নির্দেশ ক্রমশঃ কমিতেছে, আর একই সঙ্গে অ্যাম্পিটারের নির্দেশ ক্রমশঃ বাড়িতেছে। এই সকল নির্দেশ লেখচিত্রে বসাইয়া একটি রেখা টানিলে তাহা খেকপ হইবে, ৪২০° চিত্রে ab -দ্বারা তাহাই দেখানো হইয়াছে। b -বিন্দু ডাইনামোতে পুরা লোড দেওয়ার অবস্থা নির্দেশ করিতেছে।

একটি ছোট জেনারেটরে পুরা লোড দেওয়ার পূর্বে যদি আরও বেশী লোড সংযোগ করা যায়, তবে উহার প্রাস্তিক-চাপ দ্রুত কমিতে আরম্ভ করে। রেখাচিত্রের c -বিন্দুতে মেশিনের সেই অবস্থাই দেখানো হইয়াছে। এই বিন্দুকে ইংরাজিতে 'ব্রেক-ডাউন পয়েন্ট' (break-down point) বলে। ইহার পরেও যদি জেনারেটরে লোড সংযোগ করা হয় (অবশ্য বাস্তবক্ষেত্রে তাহা সম্ভব নহে, কারণ তাহাতে মেশিন পুড়িয়া যাইবার সম্ভাবনা), তবে প্রাস্তিক-চাপ খুব দ্রুত কমিবে, এবং এক সর্বোচ্চ সীমায় আসিবার পরে কারেন্টও আর না বাড়িয়া কমিতে আরম্ভ করিবে। মেশিনের এই অবস্থা রেখাচিত্রের d -বিন্দুতে দেখানো হইয়াছে। এই অবস্থার পরে লোড আরও বাড়াইলে মেশিন একেবারে সট-সারকিটের অবস্থায় চলিয়া আসিবে। ইহা e -বিন্দুতে দেখানো হইয়াছে। এই অবস্থায়ও কিন্তু কারেন্ট কমিবে, এবং তখন যে oe পরিমাণ কারেন্ট লোড-সারকিটে প্রবাহিত হইতে থাকিবে, তাহা কেবলমাত্র অবশেষ-ভোল্টেজের (residual voltage) দ্বারা উৎপন্ন হইবে।

এইবার মেশিনের লোড ধীরে ধীরে কমাইতে আরম্ভ করিলে ভোল্টেজ পুনরায় বৃদ্ধি পাইবে, আর তাহা ofg -দ্বারা চিত্রিত রেখাচিত্রটি অনুসরণ করিয়া লোডগত অবস্থায় og পরিমাণ হইবে। প্রধানতঃ ফীল্ড-সারকিটের চুম্বকীয় শৈথিল্যের (hysteresis) জগুই লোড কমিবার সময় ভোল্টেজ আলাদা রেখাচিত্র অনুসরণ করিয়া বৃদ্ধি পায়।

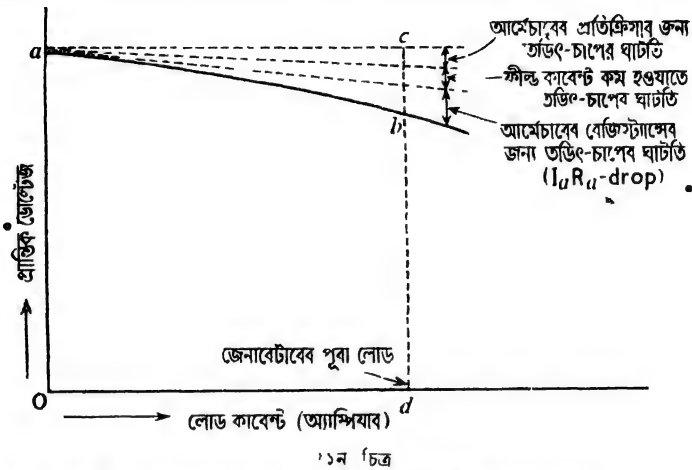
কার্ষক্ষেত্রে একটি জেনারেটরের পরিচালনা রেখাচিত্রের কেবলমাত্র ab -অংশের মধ্যেই সীমাবদ্ধ রাখা হয়। সেইজন্ম সাফ্ট জেনারেটরের বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা বলিতে ab রেখাচিত্রটিই বুঝায়। এই রেখাচিত্র হইতে বুঝা যায় যে, মেশিনের লোড যত বাড়ে, উহার কারেন্টও তত বাড়ে, আর প্রাস্তিক-চাপ তত কমে। নিম্নলিখিত তিনটি কারণে তড়িৎ-চাপের এই পতন ঘটে—

(১০) লোড বাড়িবার সঙ্গে সঙ্গে আর্মেচারে অধিক পরিমাণ কারেন্ট উৎপন্ন হয়, আর তাহাতে আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্সের দরুন তড়িৎ-চাপের ঘাটতি ($I_a R_a$ drop) বৃদ্ধি পায়।

(৮০) আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া বৃদ্ধি পাওয়াতে ফীল্ড চুম্বক বলরেখার সংখ্যা কমিয়া যায় ; ফলে আর্মেচারের তড়িৎ-চাপ আর সেই সঙ্গে মেসিনের প্রান্তিক ভোল্টেজ কমিতে আরম্ভ কবে।

(৮০) উপরি-উক্ত দুই কারণ মেসিনের প্রান্তিক-চাপ কমিয়া গেলে ফীল্ড দিয়াও তখন অপেক্ষাকৃত কম কারেন্ট প্রবাহিত হয়। ইহাতে আবার আর্মেচারের তড়িৎ-চাপ আর সেই সঙ্গে মেসিনের প্রান্তিক ভোল্টেজ আরও কমিয়া যায়।

৫১নং চিত্রে জেনারেটাবেব বাহিরের বিশিষ্টতা রেখা এবং বিভিন্ন কারণে মেসিনে তড়িৎ-চাপের যে ঘাটতি হয় তাহার পরিমাণ দেখানো হইয়াছে।



(খ) শাণ্ট জেনারেটরের ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখা (Internal or Total Characteristic of Shunt Generator)

যে রেখাচিত্র জেনারেটাবেব আর্মেচার-কারেন্ট (I_a) আৰু আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের (E) মধ্যে সম্বন্ধ নির্দেশ করে, তাহাকে ভিতরের বিশিষ্টতা রেখা বলে। শাণ্ট জেনারেটরের ক্ষেত্রে আর্মেচার-কারেন্ট

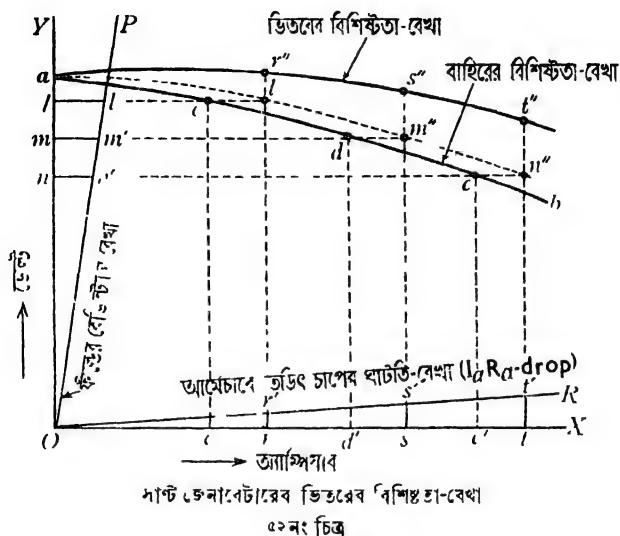
$$I_a = I_L + I_b, \text{ অ্যাম্পিয়াব,}$$

আর আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ

$$E = V + I_a R_a \text{ ভোল্ট।}$$

সুতরাং এই জেনারেটরের ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখাচিত্র আঁকিতে হইলে লোড-কারেন্টের প্রত্যেক মূল্যের সঙ্গে তদন্তযায়ী (Corresponding) ফীল্ড-কারেন্ট যোগ করিয়া আর্মেচার-কারেন্ট বাহির করিতে হইবে। আর ঐ লোড-কারেন্ট অন্তযায়ী প্রান্তিক-চাপ বা লাইন-ভোল্টেজের সহিত আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স জনিত ভোল্টেজের ঘাটতি যোগ করিলে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ পাওয়া যাইবে। এখন, লেখচিত্রের ভূজ বরাবর এই আর্মেচার-কারেন্ট আর কোটি বরাবর এই আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ বসাইয়া

একটি রেখা টানিলেই তাহা ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখা হইবে। কার্বস্কেত্রে লেখচিত্রের উপর এই বিশিষ্টতা-রেখা কিভাবে আঁক। হয়, তাহা নিম্নে উদাহরণের সাহায্যে বুঝাইয়া দেওয়া হইল :



মনে কর, ৫২নং চিত্রে দেওয়া বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা (ab) হইতে একটি সান্ট ডাইনামোর ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখা আঁকিতে হইবে।

প্রক্রিয়া :-

(১০) যখন ডাইনামোর মেন স্ক্রীচ খোলা থাকে, তখন আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ প্রান্তিক-চাপ বা লাইন-ভোল্টেজের সমান হয়, কেন না, তখন আর্মেচারে চাপের কোন পতন ঘটে না। গতএব, বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা a-বিন্দু ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখারও প্রথম বিন্দু হইবে।

এখন মনে কর, বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখার উপর c, d আর e—এই তিনটি আলাদা বিন্দু লওয়া হইল। ইহা হইতেই মেনিনের ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখা আঁকিতে হইবে।

(১০) c, d আব e-বিন্দু হইতে ক্রম পদ্ধতিতে cc', dd' ও ee'—এই তিনটি দাঁড়া রেখা টান। ইহার যথাক্রমে c, d আর e-বিন্দুতে মেনিনের প্রান্তিক ভোল্টেজের পরিমাণ নির্দেশ করবে, আব এই তিনটি বিন্দুতে লোড-কারেন্টের পরিমাণ নির্দেশ করবে যথাক্রমে oc', od' আর oe'।

(১০) এইবার c, d আর e-বিন্দু হইতে কোটি পর্যন্ত যথাক্রমে cl, dm ও en—এই তিনটি শয়ান রেখা টান। এখন cl-রেখাটি মেনিনের ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স-রেখাকে (OP) m'-বিন্দুতে ছেদ করাতে বৃষ্টিতে হইবে cl যখন মেনিনের লোড-কারেন্ট, ll' তখন উহার ফীল্ড-কারেন্ট। সেইরূপ dm যখন মেনিনের লোড-কারেন্ট, mm' তখন উহার

ফীল্ড-কারেন্ট, আর en যখন লোড-কারেন্ট, nn' তখন ফীল্ড-কারেন্ট। এইবার cl -রেখাকে c -বিন্দু হইতে l' পর্যন্ত বাড়িয়া দাও যাহাতে cl' -অংশটি ll' -অংশের সমান হয়। অতএব,

$$ll'' = cl + ll',$$

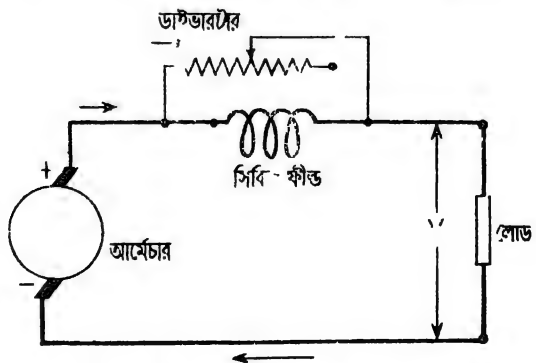
সুতরাং ll'' রেখাটি c -বিন্দুতে জেনারেটরের আর্মেচার-কারেন্ট নির্দেশ করিবে। সেইরূপ d -বিন্দুতে mm'' আর e -বিন্দুতে nn' রেখা দুইটিও আর্মেচার-কারেন্ট নির্দেশ করিবে। তাই a, l', m'' ও n'' বিন্দুগুলিকে সংযুক্ত করিয়া যদি একটি রেখা টানা যায় (চিত্রে ফুটকী ফুটকী লাইন দিয়া দেখানো হইয়াছে), তবে তাহা জেনারেটরের প্রান্তিক ভোল্টেজ আর আর্মেচার কারেন্টের মধ্যে সম্বন্ধ নির্দেশ করিবে।

(১১) l', m'' ও n'' -বিন্দু তিনটি হইতে ভূজের উপর যথাক্রমে $l_1, m''s$ আর $n''t$ —এই তিনটি দাঁড়া রেখা টান। ইহার আর্মেচারে তড়িৎ চাপের ঘাটতি-রেখাকে (OR) যথাক্রমে r', s' আর t' বিন্দুতে ছেদ করিল। সুতরাং l' , যখন ডাইনামোর প্রান্তিক ভোল্টেজ, r' তখন আর্মেচারে তড়িৎ-চাপের ঘাটতির পরিমাণ। তেমনি ss' আর tt' -ও অল্প দুই অবস্থায় আর্মেচারে ভোল্টেজের পতন বা ঘাটতির পরিমাণ।

(১২) l' -বিন্দুর উপরে rr' -এর সমান করিয়া $l'r'$, m'' -বিন্দুর উপরে ss' -এর সমান করিয়া $m''s'$ আর n'' -বিন্দুর উপরে tt' -এর সমান করিয়া $n''t'$ রেখা টান। এখন a, r', s', t' —এই কয়টি বিন্দু স্পর্শ করিয়া একটি রেখা টানিলেই তাহা জেনারেটরের ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখা হইবে।

৩-৫। সিরিজ জেনারেটর (Series Generator)

সিরিজ জেনারেটরের ফীল্ড-কয়েল উহার আর্মেচার এবং লোডের সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকে বলিয়া এই মেশিনে আর্মেচার-কারেন্ট, ফীল্ড-কারেন্ট আর লোড-কারেন্ট কোন প্রভেদ নাই। আর্মেচার-কারেন্টই ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইয়া পোল-কোরে চুম্বকের সৃষ্টি করে। তাই যদি এই কয়েলের রেজিস্ট্যান্স বেশী হয়, তবে তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় ইহাতে অধিক পরিমাণে তাড়ৎ-চাপের পতন ঘটিবে, আর সেই সঙ্গে মেশিনের প্রান্তিক ভোল্টেজ ও কর্মক্ষমতা হ্রাস পাইবে। সেইজন্যই সিরিজ



সিরিজ জেনারেটরে ডাউডারটরের ব্যবহার
এমনং চিত্র

ফীল্ডের কয়েলে থাকের সংখ্যা খুব কম রাখা হয়, আর শাট ফীল্ডের তুলনায় কয়েলের তার ঘণ্টে মোটা থাকে। অনেক সময় আর্মেচারের পুরা কারেন্ট ফীল্ড দিয়া পাঠাইবার

প্রয়োজন হয় না। সেক্ষেত্রে আর্মেচার-কারেন্টের প্রয়োজনীয় অংশ ফীল্ড-কয়েল দিয়া পাঠানো থাকে। এই পৃথক বাত্ম কম-বেশী করা যায় (variable) এমন একটি রেজিস্ট্যান্স লইয়া গঠিত। ইংরেজিতে ইহাকে ‘ডাইভারটার’ (diverter) বলে। এতদ্ব্যতীত ফীল্ড-কয়েলের সহিত এইরূপ একটি ডাইভারটারের সংযোগ দেখানো হইয়াছে।

সিরিজ জেনারেটরে ডাইভারটার ব্যবহার করিলে একাধিক সুবিধা পাওয়া যায় :

(১) ফীল্ড-কয়েলের সহিত ডাইভারটার প্যারালালে সংযুক্ত থাকে বলিয়া ফীল্ড-সার্কিটের সমবেত রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ কম হয়। ইহাতে ফীল্ডে তড়িৎ-চাপের গাঢ়তা হ্রাস পায়।

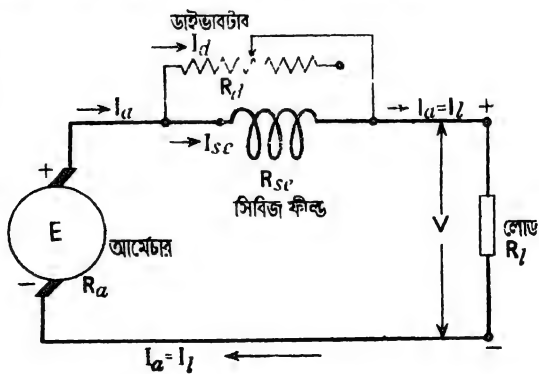
(২) আর্মেচার-কারেন্টের কিছু অংশ ডাইভারটার দিয়া প্রবাহিত হওয়ার জন্য ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ কমিয়া যায়, ফলে অপেক্ষাকৃত কম মোটা তার দিয়া ফীল্ডের ওয়াইরিং সহজেই করা চলে।

(৩) ডাইভারটারের রেজিস্ট্যান্স প্রয়োজনমত কম বা বেশী করা যায়। সেইজন্য ইহার সাহায্যে ফীল্ডের কারেন্ট আর সেই সঙ্গে আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ নিয়ন্ত্রণ করা চলে। অতএব, ডাইভারটার মেশিনের ‘ভোল্টেজ রেগুলেটর’ (Voltage Regulator) হিসাবেও কাজ করে।

অধিকাংশ ক্ষেত্রেই সিরিজ জেনারেটার কারেন্টের পরিমাণ সমান রাখিয়া বাহিবের বর্তনীতে বিভাগ্য সরবরাহ করিবার জন্য ব্যবহার করা হয়। সেই কারণে এই মেশিনকে ইংরেজিতে ‘কনস্ট্যান্ট কারেন্ট জেনারেটার’ (Constant Current Generator) বলে। কখনও আবার সরবরাহ লাইনের তড়িৎ চাপ উন্নীত করিবার জন্য এই জেনারেটার ব্যবহৃত হইয়া থাকে। তখন ইহাকে বলা হয় ‘বুস্টার’ (Booster)। মেশিনের এই দুই ব্যবহার সম্বন্ধে পরে বিস্তৃত আলোচনা করা হইয়াছে।

(১) সিরিজ জেনারেটারের বিশিষ্টতা (Characteristics of Series Generator)

এখন চিত্রে একটি সিরিজ জেনারেটারের বিভিন্ন সার্কিট, তাহাদের পরস্পরের মধ্যে সংযোগ এবং প্রত্যেকটি সার্কিটের রোধ, তড়িৎ-বিভবের পার্থক্য (voltage) ও তড়িৎ-প্রবাহ দেখানো হইয়াছে।



ডি. সি. সিরিজ জেনারেটার
এখন চিত্র

এখন মনে কর,

I_d = ডাইভারটারের মধ্য দিয়া প্রবাহিত কারেন্ট,

$I_{s,}$ = সিরিজ ফীল্ড-কয়েলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত কারেন্ট,

R_d = ডাইভারটারের বোধ বা রেজিস্ট্যান্স, এবং

$R_{s,}$ = সিরিজ ফীল্ড-কয়েলের বোধ।

অন্তান্ত চিহ্ন-সকল সা-ট জেনারেটরবো অল্পরূপ।

অতএব

(১০) ফীল্ড-সার্কিটের সমবেত বোধ যদি R হয়, তবে

$$R_s = \frac{R_{s,} \times R_d}{R_{s,} + R_d} \text{ ওম,}$$

আব যদি ফীল্ড-সার্কিটে কোন ডাইভারটার না থাকে, তবে

$$R_s = R_{s,} \text{ ওম,}$$

(১১) $I_a = I_l = I_{s,} + I_d$ অ্যাম্পিয়াব,

আর যদি ডাইভারটার না থাকে, তবে

$$I_a = I_l = I_{s,} \text{ অ্যাম্পিয়াব,}$$

(১২) প্যাৰ্যালেল সার্কিটের ক্ষেত্রে পৰ্যাবাহী বোধ তড়িৎ-প্রবাহের বিপরীত অনুপাত হয় বলিয়া

$$\frac{I_{s,}}{I_d} = \frac{R_d}{R_{s,}}$$

(১৩) আর্মেচারের প্রতিটি প্যাৰ্যালেল বাসায় তড়িৎ-প্রবাহ

$$= \frac{I_a}{P} \text{ অ্যাম্পিয়াব,}$$

(১৪) $I_l = \frac{V}{R_l}$ অ্যাম্পিয়াব

(১৫) $E - V + I_a(R_a + R_{s,})$ + ব্রাশের সংযোগস্থলে তড়িৎ-চাপের পতন

$$= \phi Z \frac{N}{60} \frac{P}{A} \text{ ভোল্ট,}$$

(১৬) আর্মেচারে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি = $I_a R_a$ ভোল্ট,

(১৭) সিরিজ ফীল্ডে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি = $I_a R_{s,}$ ভোল্ট,

(১৮) জেনারেটরের আউটপুট বা লোড-সার্কিটের মোট তড়িৎ-শক্তি

$$= VI_l \text{ ওয়াট অথবা } \frac{VI_l}{1000} \text{ কিলো ওয়াট,}$$

(১৯) জেনারেটরে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি

$$= EI_a \text{ ওয়াট অথবা } \frac{EI_a}{1000} \text{ কিলো ওয়াট,}$$

(১১৮°) জেনারেটরের ইনপুট বা প্রাইম মুভারের আউটপুট

$$= \frac{\text{জেনারেটরের আউটপুট}}{\text{জেনারেটরের কর্মক্ষমতা}}$$

$$= \frac{VI_L \times ১০০}{\text{জেনারেটরের "১", কর্মক্ষমতা}} \text{ ওয়াট,}$$

$$= \frac{VI_L \times ১০০}{\text{জেনারেটরের \% কর্মক্ষমতা} \times ৭৪৬} \text{ অশ্বশক্তি।}$$

উদাহরণ ৩-১১। একটি সিরিজ জেনারেটরের ফীল্ড এবং আর্মচারের রেজিস্ট্যান্স একত্রে ১০ ওম। যদি এই জেনারেটর ২৫০ ভোল্টে ৮০ কিলোওয়াট বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ করে, তবে (ক) আর্মচারে উৎপন্ন তাড়িত-চাপ, ও (খ) জেনারেটরে উৎপন্ন মোট তাড়িত-শক্তির পরিমাণ কত হইবে? (গ) যদি পুরা লোডসহ চলিবার সময় মেনিনের কর্মক্ষমতা শতকরা ৯০ ভাগ হয়, তবে উহার প্রাইম মুভার কত অশ্বশক্তি ক্ষমতা সম্পন্ন হওয়া উচিত?

এখানে $R_a + R_s = ১০ \text{ ওম,}$

$V = ২৫০ \text{ ভোল্ট, এবং}$

জেনারেটরের আউটপুট = ৮০ কিলোওয়াট।

ব্রাশের সংযোগস্থলে হাউন্স চাপের ঘাটতির কোন উল্লেখ না থাকায় তাহা উপেক্ষা করিতে হইবে।

এখন $\frac{VI_L}{১০০০} = ৮০ \text{ কিলোওয়াট।}$

সুতরাং $I_L = \frac{৮০ \times ১০০০}{V} = \frac{৮০ \times ১০০০}{২৫০}$

৩২০ অ্যাম্পিয়ার

$= I_a \quad (\because I_a = I_L)।$

(ক) আর্মচারে উৎপন্ন তাড়িত-চাপ $E = V + I_a(R_a + R_s)$

$= ২৫০ + ৩২ \times ১$

$= ২৮২ \text{ ভোল্ট।}$

(খ) জেনারেটরে উৎপন্ন মোট তাড়িত-শক্তি $= \frac{EI_a}{১০০০}$

$= \frac{২৮২ \times ৩২}{১০০০}$

$= ৯.০২৪ \text{ কিলোওয়াট।}$

(গ) প্রাইম মুভারের ক্ষমতা $= \frac{\text{জেনারেটরের আউটপুট (ওয়াট)} \times ১০০}{\text{জেনারেটরের "১", কর্মক্ষমতা} \times ৭৪৬}$

$= \frac{৮০ \times ১০০০ \times ১০০}{৯০ \times ৭৪৬}$

$= ১১.৯২ \text{ অশ্বশক্তি।}$

উদাহরণ ৩-১২। একটি ডি. সি. সিরিজ জেনারেটর ২২০ ভোল্টে ১৫০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে। এই কারেন্ট ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় চুম্বক-ক্ষেত্রের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ (ampere-turns) শতকরা ২০ ভাগ বেশী হয়। যদি অ্যাম্পিয়ার-টার্ণকে কমাইয়া প্রয়োজন অনুযায়ী রাখিতে হয়, তবে মেনিনে কত ওম রোধ বিশিষ্ট ডাইভারটার ব্যবহার করিতে হইবে? ফীল্ড-কয়েলের রোধ ০.০৬ ওম।

এখানে

$$V = 220 \text{ ভোল্ট,}$$

$$I_f = I_a = 150 \text{ অ্যাম্পিয়ার, এবং}$$

$$R_{fe} = 0.06 \text{ ওম।}$$

ফীল্ড-কয়েলের পাকের সংখ্যা এবং উহার ভিতর দিয়া প্রবাহিত কারেন্ট (অ্যাম্পিয়ার) — এই দুইয়ের গুণফলকে চুম্বক-ক্ষেত্রের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ বলে। ইহার সাহায্যেই তড়িৎ-চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন হবে। এখানে কয়েলের পাকের সংখ্যা কম বা বেশী করা সম্ভব নয় বলিয়া ফীল্ড-কয়েল দিয়া অপেক্ষাকৃত কম কাবেন্ট পাঠাইয়া অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ প্রয়োজন অনুযায়ী রাখিতে হইবে। আবার অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ শতকরা ২০ ভাগ বেশী হওয়ায় বুঝিতে হইবে যে, উহা শতকরা ১২০ ভাগ হইয়াছে। সুতরাং

অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ শতকরা ১২০ ভাগ হইলে $I_{fe} = 150$ অ্যাম্পিয়ার হয়

$$\text{“ “ “ “ “ “ “ “ } I_{fe} = \frac{150}{120} \text{ “ “}$$

$$\text{“ “ “ “ “ “ “ “ } I_e = \frac{150}{120} \times 100 \\ = 125 \text{ “ “ “ “}$$

অতএব, চুম্বক-ক্ষেত্রের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ প্রয়োজন অনুযায়ী রাখিতে হইলে ফীল্ড কয়েলে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ ১৫০ অ্যাম্পিয়ার হইতে কমাইয়া ১২৫ অ্যাম্পিয়ার করিতে হইবে, আন আর্মচার কাবেন্টের বাকী অংশ ডাইভারটার দিয়া পাঠাইতে হইবে। সুতরাং ডাইভারটারের মধ্যদিয়া প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ

$$I_d = I_a - I_{fe} = 150 - 125$$

$$= 25 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\text{আবার } \frac{R_d}{R_s} = \frac{I_s}{I_d}$$

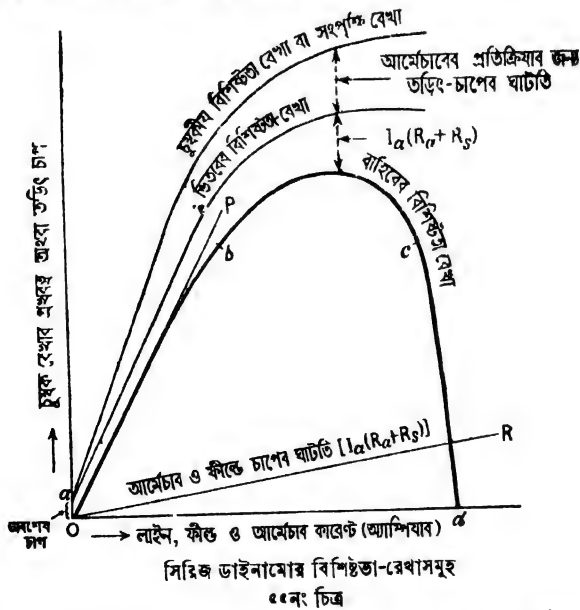
$$\therefore R_d = \frac{I_s \times R_s}{I_d} = \frac{125 \times 0.06}{25}$$

$$= 0.3 \text{ ওম।}$$

(২) সিরিজ জেনারেটরের বিভিন্ন প্রকার বিশিষ্টতা-রেখা সম্বন্ধে আলোচনা (Different Characteristics of Series Generators)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, সিরিজ জেনারেটরে আর্মচার-কারেন্ট, ফীল্ড-কারেন্ট আর লোড-কারেন্টে কোন প্রভেদ নাই। লোড-কারেন্টই ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইয়া চুম্বক-ক্ষেত্র সৃষ্টি করে। সেইজন্য যখন যেন সুইচ খোলা থাকে (অর্থাৎ

জেনারেটরে কোন লোড দেওয়া না থাকে), তখন মাত্র ফীল্ড-পোলার চুম্বকত্বের অবশেষের জন্য যতটুকু তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হইতে পারে, ততটুকুই হয়। মেন স্থইচ বন্ধ করিবার পরে এই আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ যতটুকু কারেন্ট সৃষ্টি করে, তাহা ফীল্ড-কয়েলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইয়া পোলার চুম্বকত্ব কিছু বৃদ্ধি করে। তখন সেই বর্ধিত চুম্বক-রেখা আর্মেচারের পরিবাহীর দ্বারা কতিত হওয়ায় আর্মেচারে আরও একটু বেশী চাপ আবিষ্ট হয়। এই বর্ধিত চাপ আবার সেই অনুযায়ী কিছু বেশী কাবেট উৎপাদন করে, এবং সেই কারেন্ট আবার ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইয়া আরও জোবাল চুম্বক-ক্ষেত্র সৃষ্টি করে। এইভাবে উত্তরোত্তর চুম্বকত্বের জোর, আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ আর কারেন্ট—এই তিনটিই বাড়িতে থাকে, কিন্তু তাহারা যে অনিদিষ্টভাবে বাড়িয়াই চলিবে, তাহা হয় না। এক সময়ে চুম্বকের সংপৃক্তি (saturation) আসে, যখন চুম্বক-ক্ষেত্র আর অধিক প্রখর হইতে পারে না। তাহার উপর আবার কারেন্ট যত বাড়িতে থাকে, আর্মেচারের প্রতিক্রিয়াও তত বাড়ি, আর এই বর্ধিত কাবেট ফীল্ড-কয়েল ও আর্মেচারের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হওয়ার ফলে তড়িৎ-চাপের ঘাটতিও (voltage drop) বৃদ্ধি পায়। তখন এই দুই বিকল্প প্রভাবে ফলে কাবেট বাড়িলেও আবিষ্ট চাপ আর বাড়ি না, বরং কমিয়া যায়, সুতরাং কাবেটও আর বাড়িতে পারে না। ৫৫নং চিত্রে ডাইনামোর বিশিষ্টতা-রেখা লক্ষ্য করিলেই এই সকল বিষয় স্পষ্ট বুঝিতে পারা যাইবে।



এই চিত্রে জেনারেটরের যে-সকল বিশিষ্টতা-রেখা দেখানো হইয়াছে তাহাদের মধ্যে প্রথমে “চুম্বকীয় বিশিষ্টতা-রেখা” বা “সংপৃক্তি রেখাটি” লক্ষ্য কর।

পোল-কোরে সামান্য চুম্বকত্ব থাকেই, নইলে আর্মেচারে তড়িৎ-চাপের উৎপাদন সূক্ষ্ম হইতে পারে না। সেইজন্য সম্পৃক্তি রেখা লেখচিত্রের o -বিন্দু হইতে আরম্ভ হয় না, কিছু উপরে থাকে। চিত্রে এই পরিমাণ তড়িৎ-চাপ (voltage) oa -দ্বারা দেখানো হইয়াছে। এখন, উপরে যেদূর বলা হইয়াছে, সেইভাবে a -বিন্দু হইতে সূক্ষ্ম হইয়া আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ ক্রমে ক্রমে বাড়িতে থাকে, এবং গোড়ার দিকে তাহা তড়িৎ-প্রবাহের অল্পপাতেই বৃদ্ধি পায় বলিয়া বিশিষ্টতা-রেখা প্রায় সরলরেখার আকারে থাকে। ইহার পর কারেন্ট যত বাড়ে, ফীল্ড-পোলগুলি ততই সম্পৃক্ত (saturated) হইতে আরম্ভ করে; ফলে রেখাচিত্র বাকিয়া যায়, আর শেষ পর্যন্ত প্রায় শয়ানভাবে (horizontal) ধারণ করে। তবে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার জন্য চুম্বক-ক্ষেত্র কখনই এতটা প্রখর হইয়া উঠিতে পারে না।

আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার ফলে বিরুদ্ধ চুম্বক-রেখার জন্য যে-পরিমাণ তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়, চুম্বকীয় বিশিষ্টতা-রেখা হইতে তাহা বাদ দিলে মেশিনের অভ্যন্তরীণ বিশিষ্টতা-রেখা (Internal Characteristic) পাওয়া যায়। সম্পৃক্তি রেখার ঠিক নীচেই এই বিশিষ্টতা-রেখাটি দেখানো হইয়াছে। সঙ্গে সঙ্গে আর্মেচার আর ফীল্ড দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার জন্য এক দুইয়েব মধ্যেও কিছু কিছু চাপের ঘাটতি হয়। যেহেতু ইহা বা সিবিজে থাকে, তাই ইহাদের রেজিস্ট্যান্সকে যোগ করিয়া কারেন্ট দিয়া গুণ করিলেই ডাইনামোতে যে চাপের লাটতি হয় $[I_a (R_a + R_s)]$, তাহা পাওয়া যায়। ৫৫নং চিত্রে নীচের দিকে এই ঘাটতি-রেখা oR দ্বারা দেখানো হইয়াছে। দ্বিতীয় বিশিষ্টতা-রেখা হইতে এই ঘাটতি রেখাটি বাদ দিলে যে রেখার উৎপাদন হয়, সেই তৃতীয় রেখাই মোটামুটি বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা (External Characteristic)।

বাহিরের রেজিস্ট্যান্স (external resistance) যত বেশি হয়, জেনারেটরের কারেন্ট তত কমে। যদি কোন সিবিজ জেনারেটরের সঠিত যুক্ত লোড-নারকিটের রেজিস্ট্যান্স উত্তরোত্তর বাড়িয়াই চলে, তবে শেষ পর্যন্ত এমন এক অবস্থা আসে, যখন রেজিস্ট্যান্স আর বেশি বাড়িলে ফীল্ড কয়েল দিয়া যত কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাহাতে মেশিন আর তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিতে পারে না। এই রেজিস্ট্যান্সকে জেনারেটরের বাহিরের ক্রিটিক্যাল রেজিস্ট্যান্স (External Critical Resistance) বলে। মেশিনের বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা হইতে এই রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ অতি সহজে নির্ণয় করা যায়। লেখচিত্রের o -বিন্দু হইতে যদি এমন একটি সরলরেখা টানা হয় যাহা বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখাকে স্পর্শ করিয়া (tangent হইয়া) যায়, তবে সেই স্পর্শক ভূজের সহিত যে কোণ রচনা করে তাহারই ট্যানজেন্ট ($\tan \theta$) ক্রিটিক্যাল রেজিস্ট্যান্স হয়। ৫৫নং চিত্রে oP -রেখাটির সাহায্যে এই স্পর্শককে দেখানো হইয়াছে।

লোড-কারেন্টের পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে একটি সিরিজ জেনারেটরের প্রান্তিক চাপ যেভাবে পরিবর্তিত হয়, তাহা নিয়ে সংক্ষেপে বলা হইল :

আর্মেচারের সহিত ফীল্ড-কয়েল যদি এমনভাবে সংযুক্ত থাকে যাহাতে মেসিন চালু হইবার পরে ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত কারেন্ট ফীল্ড-পোলের চুম্বকত্বের অবশেষের (residual magnetism) সহায়ক হয়, তবেই জেনারেটার তড়িৎ-চাপ উৎপাদন করিতে সক্ষম করিবে, নচেৎ করিবে না। এই সময় অবশ্যই লোড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স বাহিরের ক্রিটিক্যাল রেজিস্ট্যান্স অপেক্ষা কম থাকিবে। লোড যত বাড়িবে, লোড-কারেন্ট এবং সেই সঙ্গে টার্মিনাল ভোল্টেজও প্রথমদিকে ততই উত্তরোত্তর বৃদ্ধি পাইতে থাকিবে। সেইজন্য গোড়ার দিকে বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা একটি সরলরেখা হিসাবে উপরের দিকে উঠিবে। ৫৫নং চিত্রে বিশিষ্টতা-রেখার o হইতে b -বিন্দু পর্যন্ত অংশ এইভাবেই দেখানো হইয়াছে।

লোডের পরিমাণ আরও বৃদ্ধি পাইলে ফীল্ডের চুম্বকগুলি ক্রমশঃ সম্পৃক্ত (saturated) হইতে আরম্ভ করিবে। তখন বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখাও বাঁকিয়া যাইবে এবং ক্রমে শয়ান অবস্থায় আসিবে। মেসিনের এই অবস্থা রেখাচিত্রের b হইতে c -বিন্দু পর্যন্ত অংশের দ্বারা দেখানো হইয়াছে।

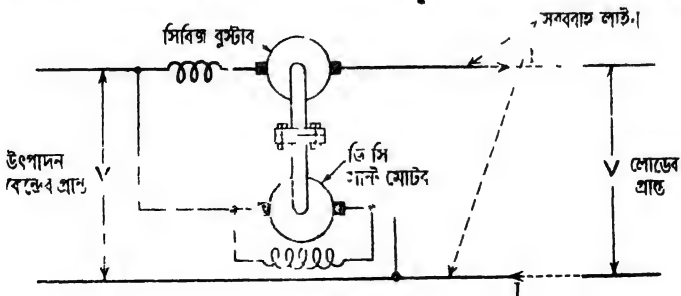
যদি ইহার পরেও ডাইনামো হইতে আরও কারেন্ট লওয়া হয়, তবে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া এবং মেসিনের রেজিস্ট্যান্সজনিত ভোল্টেজের অপচয় আরও বৃদ্ধি পাইবে, এবং সেইজন্য বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা নীচের দিকে ঝুলিয়া পড়িবে, অর্থাৎ টার্মিনাল ভোল্টেজ পূর্বাপেক্ষা কমিয়া যাইবে। শীঘ্রই এই ভোল্টেজ একেবারে শূন্যমানে আসিয়া দাঁড়াইবে, এবং জেনারেটার তখন সট-সারকিটের অবস্থায় থাকিয়া কারেন্ট সরবরাহ করিবে। বিশিষ্টতা-রেখার c হইতে d -বিন্দু পর্যন্ত অংশ এই অবস্থাই নির্দেশ করিতেছে। কিন্তু রেখাচিত্রের এই অংশে কারেন্টের পরিমাণ মোটামুটি অপরিবর্তিত থাকিবে। সেইজন্য সার্ট অথবা কম্পাউন্ড জেনারেটার অপরিবর্তিত তড়িৎ-চাপে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার জন্য ব্যবহৃত হইলেও সিরিজ জেনারেটার সাধারণতঃ ব্যবহৃত হয় তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ অপরিবর্তিত রাখিয়া বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার জন্য। এই কারণে সিরিজ ডাইনামোকে ইংরাজিতে “কন্সট্যান্ট কারেন্ট জেনারেটার” (Constant Current Generator) বলে। কিন্তু কন্সট্যান্ট কারেন্টের অবস্থায় আনিতে হইলে জেনারেটারকে বিশিষ্টতা-রেখার cd -অংশে পরিচালনা করা প্রয়োজন। তাই সিরিজ জেনারেটারে চুম্বকগুলি সর্বদাই সম্পৃক্ত অবস্থায় থাকে, আর আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া যাহাতে সর্বদা অতিশয় প্রখর থাকে সেইভাবে মেসিনকে নির্মাণ করা হয়। যখন আর্ক ল্যাম্পের (arc lamp) ব্যবহার প্রচলিত ছিল, তখন অনেকগুলি বাতি একত্রে সিরিজে যোগ করিয়া স্টেশনে, ষ্টিমারের ডেকিতে, কারখানার খোলা জায়গায় (yard) প্রভৃতি স্থানে আলোর ব্যবস্থা করা হইত, আর সেই সকল বাতিতে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হইত কন্সট্যান্ট কারেন্ট জেনারেটারের সাহায্যে। কিন্তু বর্তমানে এই ব্যবস্থার চলন উঠিয়া গিয়াছে।

(৩) সিরিজ বুস্টার (Series Booster)

যখন সিরিজ জেনারেটর উহার বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখার সোজা অংশে অর্থাৎ o হইতে b -বিন্দু পর্যন্ত অংশে কাজ করে, তখন কারেন্ট বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে উহার ভোল্টেজও বৃদ্ধি পায়। লোড যত বাড়ি মেনিসেব প্রান্তিক চাপও তত বাড়ি, আবার লোড যত কমে উহার প্রান্তিক চাপও তত কমিতে থাকে। জেনারেটরের এই বিশিষ্টতার জন্মই উহা উৎপাদন কেন্দ্রের দিকে সরবরাহ লাইনের প্রান্তে প্রয়োজনমত তড়িৎ-চাপকে উন্নত করিবার কাজে ব্যবহৃত হয়। বুস্টার উৎপাদন কেন্দ্রের বাস-বার আর সরবরাহ লাইনের মাঝখানে উভয়ের সহিত সিবিজে যুক্ত হইয়া অবস্থান করে। ইহাতে বুস্টারের প্রান্তিক চাপ বাস-বার ভোল্টেজের সহিত একত্রিত হইয়া লাইনের ভোল্টেজকে উন্নত কবিতো পাবে, আব সেই কারণেই এই মেনিন ইংরাজিতে 'সিরিজ বুস্টার' নামে পরিচিত।

সরবরাহ লাইন যদি দীর্ঘ হয়, তবে উহাৰ পরিবাহীসমূহেব বৈজ্জিগ্যামস "যে" বৃদ্ধি পায়। তখন এই লাইন দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় উল্লেখযোগ্য পরিমাণে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি দেখা দেয়। লোডের যে-কোন অবস্থাতেই যাহাতে এই ঘাটতি পূরণ কবিয়া লাইনেব তড়িৎ চাপ অপরিবর্তিত রাখা যায়, সেইজন্যই কোন কোন ক্ষেত্রে বুস্টার ব্যবহৃত হইয়া থাকে। যেহেতু লাইনে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি আর বুস্টারের প্রান্তিক চাপ, উভয়ই লোড-কারেন্টেব সমান্তরপাতি, অতএব বুস্টারের পক্ষে আপনা হইতেই লোডেব সকল অবস্থাতে এই ঘাটতি পূরণ করা সম্ভব হয়।

সাধারণতঃ একটি ডি সি সাণ্ড মোটরের সাহায্যে বুস্টারের আর্মেচারকে ঘুবানো হয়। লাইনেব সহিত বুস্টার এাং সাণ্ড মোটরের সংযোগ ৩৬নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। যেহেতু বুস্টার একটি সিরিজ মেনিন, অতএব কোন কারণে সাণ্ড মোটরের সহিত উহার সংযোগ বিচ্ছিন্ন হইয়া গেলে সরবরাহ লাইন হইতে বৈদ্যুতিক শক্তি গ্রহণ



সিরিজ বুস্টার
৩৬নং চিত্র

করিয়া এই মেনিন লোডশূন্য অবস্থায় মোটর হিসাবে চলিতে আরম্ভ করিবে, এবং তখন উহার গতিবেগ অতিরিক্ত মাত্রায় বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য মেনিনটি সম্পূর্ণরূপে ধ্বংস হইবে। সেইজন্য বুস্টারের শাফটের সহিত সাণ্ড মোটরের শাফট সরাসরি যুক্ত (directly

coupled) থাকাই উচিত, বেন্টের সাহায্যে উভয়ের মধ্যে সংযোগ থাকিলে তাহা মেনিন পরিচালনার পক্ষে নির্ভরযোগ্য ব্যবস্থা হইবে না। যে-মুহূর্তে বেন্ট ছিঁড়িয়া যাইবে, কিংবা উহা ব্রজোডের মুখ খুলিয়া যাইবে, সেই মুহূর্তে বৃন্টার মোটর হিসাবে চলিতে আরম্ভ করিবে।

উদাহরণ ৩-১৩। একটি দুই তার বিশিষ্ট সরবরাহ লাইনের দৈর্ঘ্য ৩ কিলোমিটার এবং উৎপাদনকেন্দ্রের প্রান্তে ঐ লাইনের তড়িৎ-চাপ ২৩০ ভোল্ট। লাইনের প্রত্যেকটি পরিবাহীর রোধ প্রতি মিটারে ০.০০০০২৫ ওম। যদি পুরা লোড চালু থাকার সময় এই লাইন দিয়া ১৫০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তবে লোড-পান্তে তড়িৎ বিভবের পার্থক্য ২৩০ ভোল্ট রাখিতে হইলে বৃন্টার প্রান্তিক চাপ ও আউটপুট কত হওয়া প্রয়োজন?

সরবরাহ লাইন দুই-তার বিশিষ্ট বলিয়া পরিবাহী মোট দৈর্ঘ্য

$$= ৩ \times ২ = ৬ \text{ কিলোমিটার}$$

$$= ৬০০০ \text{ মিটার।}$$

সুতরাং পরিবাহী মোট রেজিস্ট্যান্স,

$$R = ০.০০০০২৫ \times ৬০০০$$

$$= ১.৫ \text{ ওম।}$$

পূর্বা লোড চালু থাকার সময় লাইনে তড়িৎ চাপের ঘাটতি

$$= IR = ১.৫ \times ১৫০$$

$$= ২২৫ \text{ ভোল্ট।}$$

যেহেতু উৎপাদন কেন্দ্রের দিকে আব লোডের প্রাপ্তে সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ সমান থাকিবে, অতএব লাইনের এই ঘাটতি বৃন্টার প্রান্তিক চাপকেই পূরণ করিতে হইবে। সুতরাং

$$\text{বৃন্টার প্রান্তিক চাপ} = \underline{২২৫ \text{ ভোল্ট।}}$$

লাইনের সহিত বৃন্টার সম্বন্ধে 'সংযুক্ত' থাকিবার পূর্বা লোড কারেন্ট বৃন্টারে প্রবাহিত হয়। অতএব

$$\text{বৃন্টার আউটপুট} = \frac{২২৫ \times ১৫০}{১০০০}$$

$$= ৩৩.৭৫$$

$$= ৩৩.৭৫$$

$$= \underline{৩৩.৭৫ \text{ কিলোওয়াট।}}$$

উদাহরণ ৩-১৪। একটি সিরিজ জেনারেটর বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রের বাস-বার ও সরবরাহ লাইনের মধ্যে সংযুক্ত থাকিমা বৃন্টার হিসাবে কাজ করিতেছে। বাহিরের বিশিষ্টতা রেখার যে অংশে এই জেনারেটরটি পরিচালিত হইতেছে, সেই অংশ একটি সরলরেখা, এবং তাহা শূণ্যমান হইতে শুরু হইয়া ২০০ অ্যাম্পিয়ার এবং ৫০ ভোল্ট লাইনের সংযোগ-বিন্দু পর্যন্ত বিস্তৃত রহিয়াছে। যদি সরবরাহ লাইনের মোট রেজিস্ট্যান্স ০.৩ ওম হয়, তবে লাইনে ১৬০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হইবার সময় উৎপাদন কেন্দ্রের তড়িৎ বিভব ও লোড প্রান্তের তড়িৎ বিভবের মধ্যে পার্থক্য কত ভোল্ট হইবে?

বৃষ্টারের বিশিষ্টতা-রেখা সরলরেখা হয় বলিয়া উহার প্রান্তিক চাপ লাইন-কারেন্টের সমানুপাতি থাকে। সুতরাং লাইন দিয়া যখন ১৬০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তখন বৃষ্টারের প্রান্তিক চাপ V -ভোল্ট হইলে

$$V \propto ১৬০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

আবার ২০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হইবার সময় বৃষ্টার ৫০ ভোল্ট সরবরাহ করে। অতএব

$$৫০ \text{ ভোল্ট} \propto ২০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\text{সুতরাং} \quad \frac{V}{৫০} = \frac{১৬০}{২০০},$$

$$\text{অথবা} \quad V = \frac{১৬০ \times ৫০}{২০০} = ৪০ \text{ ভোল্ট।}$$

এখন, উৎপাদন কেন্দ্রেব তড়িৎ-চাপ যদি V -ভোল্ট ধরিয়া লওয়া যায়, তবে ঐ প্রান্তে সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ $(V + ৪০)$ ভোল্ট হইবে। কিন্তু ১৬০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় লাইনে মোট তড়িৎ-চাপের ঘাটতি

$$= IR = ১৬০ \times ০.৭ \\ = ৪৮ \text{ ভোল্ট।}$$

অতএব লোড-প্রান্তের তড়িৎ-চাপ

$$= (V + ৪০) - ৪৮ \\ = V - ৮ \text{ ভোল্ট।}$$

সুতরাং উৎপাদন কেন্দ্রেব তড়িৎ-চাপ ও লোড-প্রান্তের তড়িৎ-চাপের মধ্যে পার্থক্য

$$= V - (V - ৮) \\ = ৮ \text{ ভোল্ট।}$$

৩.৬। কম্পাউণ্ড জেনারেটর (Compound Generator)

(১) সার্ট জেনারেটরের প্রকৃতিগত ত্রুটি, আর তাহার প্রতিকারের নিমিত্ত কম্পাউণ্ড জেনারেটরের উৎপত্তি

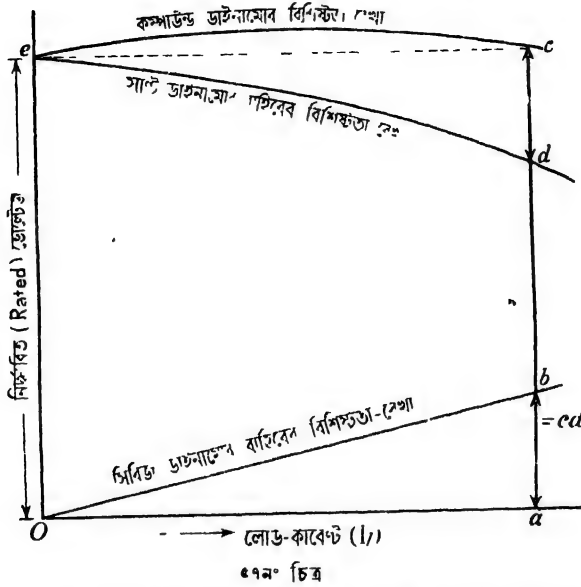
সার্ট জেনারেটর হইতে যত বেশী কারেন্ট লওয়া হয় (অর্থাৎ এই মেসিনে যত বেশী লোড দেওয়া যায়), উহার টার্মিনাল ভোল্টেজ ততই কমিতে থাকে। ইহাই এই মেসিনের প্রকৃতিগত দোষ। ফলে এখন একসঙ্গে সব কয়টি আলো জ্বলে, তখন প্রত্যেকটি বাতি হইতে যে পরিমাণ আলোকরশ্মি পাওয়া উচিত, তাহা পাওয়া যায় না; আর মোটর, পাখা প্রভৃতিও কিছু কম জোরে ঘুরিতে থাকে। তাহার উপর আবার যে বাতি বা যে মোটর জেনারেটর হইতে যত বেশী দূরে অবস্থিত, সেই বাতি বা সেই মোটরের টার্মিনালে তত কম ভোল্টেজ পাওয়া যায়, কারণ জেনারেটরের

আর্মেচারে রেজিস্ট্যান্সের জ্ঞান আর আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার জ্ঞান ভোল্টেজের যে ঘাটতি হয়, তাহা ছাড়াও যে তার দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ এই সকল বাতি বা মোটরে যায়, সেই তারেও কিছু পরিমাণ তড়িৎ-বিভবের পতন ঘটে। এই সকল কারণ একত্রিত হওয়াতে বাতি বা মোটরের প্রাপ্ত যে তড়িৎ চাপ পাওয়া যায়, তাহা জেনারেটরে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা কম হয়।

এখন, সার্ভ জেনারেটরের প্রকৃতিগত এই ত্রুটির প্রতিকার সচরাচর দুই প্রকারে করা হইয়া থাকে। এক : সার্ভ ফীল্ডের সহিত সিরিজে প্রায় সর্বত্রই যে ফীল্ড রেগুলেটাব লাগানো থাকে, তাহার রেজিস্ট্যান্স কমাইয়া দিলে ফীল্ড-সার্কিটের সমবেত রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ কিছু কমিয়া যায়। তখন ফীল্ড কয়েল দিয়া অপেক্ষাকৃত বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হয় বলিয়া আর্মেচারে আরও অধিক তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হইতে পাবে। এই অতিবিকৃত তড়িৎ-চাপ সার্কিটে তড়িৎ-বিভবের নানাপ্রকার ঘাটতি পূরণ করা ছাড়াও সববরাহ লাইনের দূর-প্রান্তে উপযুক্ত ভোল্টেজে বিভাৎ সরবরাহ করিতে সাহায্য করে। দুই : মেসিনের প্রত্যেক পোল-কোরের গায়ে দুইটি করিয়া কয়েল জড়ানো থাকিলেও লোড গ্রাফ পাওয়াব সঙ্গে সঙ্গে আর্মেচারে আবহ তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পায়। এই দুই কয়েলের একটি আর্মেচারেব সহিত প্যার্যাললেলে সার্ভ-কয়েল হিসাবে আর অন্য়টি আর্মেচারের সহিত সিরিজে সিরিজ-কয়েল হিসাবে ব্যবহৃত হয়। মনে কর, কোন ডাইনামোতে চারিটি ফীল্ড-পোল আছে। এই পদ্ধতি অনুসারে সেই মেসিনে সর্বসম্মত আটটি ফীল্ড-কয়েল থাকিবে। ইহাদেব মধ্যে চারিটি ফীল্ড-কয়েল পরস্পরের সহিত সিরিজে যুক্ত হইয়া আমেচারের সহিত প্যার্যাললেলে সংযুক্ত থাকিবে এবং সার্ভ জেনারেটাবেব ফীল্ড-কয়েলের ত্রায় কাজ করিবে। অপর চারিটি কয়েল আবার পরস্পরের সহিত সিরিজে যুক্ত হইয়া আর্মেচারের সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকিবে এবং সিরিজ জেনারেটোরের ফীল্ড-কয়েলের ত্রায় কাজ করিবে। এই দুই প্রকার ফীল্ডের সমবেত ক্রিয়ার ফলে সার্ভ ডাইনামোর যে প্রকৃতিগত ত্রুটি, তাহা দূর হয়। তখন লোডের সকল শব্দগতই মেসিনেব প্রাস্তিক চাপ মোটামুটি অপরিবর্তিত থাকে, আর লোড বেশী হইলেও দূরেব বাতি কিংবা মোটরেব টার্মিনালে প্রয়োজনীয় ভোল্টেজ পাওয়া যায়। এই প্রকার মেসিনকেই ‘কম্পাউণ্ড জেনারেটর’ বলে। সরবরাহকারী প্রতিষ্ঠানসমূহ উৎপাদন কেন্দ্রে অন্তর্বর্তী বিভাৎ-প্রবাহ (direct current) উৎপন্ন করিবার জ্ঞান সাধাবণতঃ এই জাতীয় জেনারেটরই বেশী ব্যবহার করিয়া থাকেন।

লোডের সকল অবস্থাতেই একটি কম্পাউণ্ড জেনারেটোরের প্রাস্তিক চাপ কিভাবে মোটামুটি অপরিবর্তিত থাকে, তাহা নিয়ে এখন চিত্রের সাহায্যে বুঝানো হইল। এই চিত্রের মাধ্যমে সার্ভ ডাইনামোর বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা (ed) দেখানো হইয়াছে, এবং তাহা হইতে দেখা যাইতেছে যে, যখন জেনারেটরটি oa পরিমাণ কারেন্ট সরবরাহ করে, তখন লোডশূন্য অবস্থায় আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা মেসিনের প্রাস্তিক চাপ cd পরিমাণ কমিয়া যায়। অতদিকে সিরিজ ডাইনামোর বিশিষ্টতা (ob) হইতে আমাদেব জানা আছে যে, যতক্ষণ পর্যন্ত সেই মেসিনের

চুম্বকগুলি সংপৃক্ত না হয়, ততক্ষণ পর্যন্ত মেসিনের লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ বাড়িয়াই চলে। অতএব যদি ফীল্ড-পোলের উপর এমন একটি সিরিজ-কয়েল জড়ানো হয় যাহার সাহায্যে মেসিনে লোড দেওয়ার পরে আর্মেচারে ঠিক cd পরিমাণ অতিরিক্ত তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করা যায়, তবে স্তব্ব হইতে



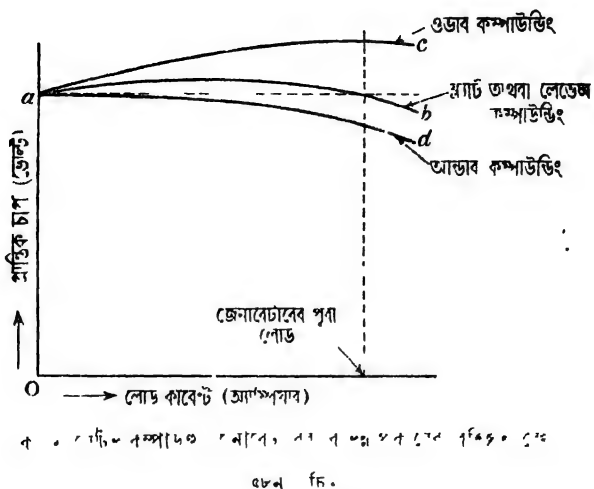
শেষ পর্যন্ত মেসিনের প্রান্তিক ভোল্টেজ স্থাপনা হইতেই উহার নির্ধারিত (rated) মানে অপরিবর্তিত থাকিবে, লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে কিছু কমিয়া যাইবে না। ইহাষ্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটরের বিশেষত্ব।

কম্পাউণ্ড জেনারেটর প্রধানতঃ দুই শ্রেণীর হইয়া থাকে—কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড জেনারেটর আর ডিফারেন্সিয়াল কম্পাউণ্ড জেনারেটর।

(২) কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড জেনারেটরের বিশিষ্টতা ও ব্যবহার (Characteristics and uses of Cumulative Compound Generators)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, যে জেনারেটরের সিরিজ ফীল্ড উহার সান্ট ফীল্ডের সহায়ক হয়, অর্থাৎ যে জেনারেটরের সিরিজ ফীল্ডের সাহায্যে উৎপন্ন চুম্বকত্ব উহার সান্ট ফীল্ডের সাহায্যে উৎপন্ন চুম্বকত্বকে আরও বাড়াইয়া তোলে, তাহাকে 'কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড জেনারেটর' বলে। সিরিজ ফীল্ডের এই সহায়তার পরিমাণ অনুসারে কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড জেনারেটরে তিন প্রকারের বিশিষ্টতা দেখিতে পাওয়া যায়। এই সকল বিশিষ্টতা-রেখা ৮৮নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে এবং নিম্নে তাহাদের

সহজে বিস্তারিতভাবে আলোচনা করা হইয়াছে। বিশিষ্টতা বিভিন্ন প্রকারের হয় বলিয়া জেনারেটরও ভিন্ন ভিন্ন কাজের পক্ষে উপযোগী হইয়া থাকে।



(ক) ফ্লাট তথবা লেভেল কম্পাউন্ডিং জেনারেটর (Flat or Level Compounded Generator)

বিবিধ নোডে সাংখ্যিক পূর্ণাঙ্গ লোডে যখন কোন কম্পাউন্ডিং জেনারেটরের প্রান্তিক চাপ উঠানো নোডে স্থায়ী অবস্থায় উৎপন্ন হইতে চাপের সমান থাকে, তখন সেই মেশিনকে 'ফ্লাট কম্পাউন্ডিং জেনারেটর' বা 'লেভেল কম্পাউন্ডিং জেনারেটর' বলা হয়। এই মেশিনের বিবরণ এইচ. সি. মেশিন-বৈশিষ্ট্যগুলির সাংখ্যিক দেখানো হইয়াছে।

কোন জেনারেটরেই প্রান্তিক চাপের নোডে সকল অবস্থাতে উঠানো নির্ধারিত মান (rated value) অর্থাৎ প্রাপ্য সীমা হয় না। সাধারণতঃ দেখা যায় যে, নোডে স্থায়ী অবস্থায় হইতে কমে কমে লোড যত বাড়িতে থাকে, প্রথম দিকে মেশিনের তড়িৎ-চাপও সেই সঙ্গে কিছু কিছু বাড়ে; কিন্তু পরে আবার তাহা কমিতে আরম্ভ করে, এর পূর্ণাঙ্গ লোডে সেই তড়িৎ চাপ কমিয়া নোডে স্থায়ী অবস্থায় সমান হইয়া দাঁড়ায়। তড়িৎ চুম্বকের সংপৃক্ততা জগাই তড়িৎ-চাপ এইভাবে পরিবর্তিত হয়, অর্থাৎ অল্প পরিমাণ লোড সংযুক্ত থাকিলে মেশিনের ফ্লাট যতটা চুম্বক-বেধা বৃদ্ধি করিতে পারে, সংপৃক্ততার প্রভাবে পূর্ণাঙ্গ লোডে সেই অনুপাতে চুম্বক-বেধা বৃদ্ধি করিতে পারে না। ফলে জেনারেটরের বিশিষ্টতা-বেধা ভূজের পূর্ণাঙ্গ সমান্তরাল না হইয়া উপরের দিকে একটু বাঁকিয়া যায়।

ফ্লাট কম্পাউন্ডিং জেনারেটর সাধারণতঃ, যে অঞ্চলে সরবরাহ ব্যবস্থা আছে সেখান হইতে দূরে বিচ্ছিন্নভাবে অবস্থিত, কোন হোটেল বা অফিস বাড়িতে বিদ্যুৎ উৎপাদনের কাজে ব্যবহৃত হয়। এই সকল ক্ষেত্রে প্রধানতঃ আলো আর পাখাই লোড হিসাবে

বর্তনীতে সংযুক্ত থাকে ; আর যেহেতু উৎপাদন কেন্দ্রেই সমস্ত লোড-সারকিট অবস্থিত, অতএব ওয়্যারিং করিবার সময় উপযুক্ত আয়তনের পরিবাহী ব্যবহার করিলে লাইনের তারে তড়িৎ বিভবের পতন হয় অতি সামান্যই। তাই লোডের পরিমাণ কম বা বেশী যাহাই হউক না কেন, সকল অবস্থাতেই প্রত্যেকটি লোড উহার নির্দিষ্ট ভোল্টেজে বিভ্রাৎ সরবরাহ পাইয়া থাকে।

(খ) ওভার কম্পাউণ্ডেড জেনারেটর (Over Compounded Generator)

যখন পূর্বা লোডে কোন জেনারেটোরে প্রান্তিক চাপ উহার লোডশূন্য অবস্থায় উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা অধিক হয়, তখন সেই মেসিনকে ‘ওভার কম্পাউণ্ডেড জেনারেটর’ বলে। এই জেনারেটোরের বিশিষ্টতা ac -রেখাচিত্রটির (৫৮নং চিত্র) সাহায্যে দেখানো হইয়াছে। ইহার সিরিজ কয়েলের পাকের সংখ্যা অত্যন্ত জেনারেটোরেব তুলনায় কিছু বেশী থাকে যাহাতে এই কয়েলের উত্তেজন আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া, আর্মেচার ও সিরিজ ফীল্ডে চাপের ঘাটতি প্রভৃতি পূরণ করিয়া আরও কিছু বেশী চাপ আর্মেচারে উৎপন্ন করিতে সক্ষম হয়। ফলে লোড বত বাড়িতে থাকে, মোসিনের প্রান্তিক চাপও ততই বৃদ্ধি পায়, আর সেইজন্য উহার বিশিষ্টতা-রেখা লোডশূন্য অবস্থা হইতে পূর্ণা লোডের দিকে অগ্রসর হইবার সময় লম্বাঃ উপরেব দিকে উঠিতে থাকে।

যে-সকল লোড-সারকিট উৎপাদন কেন্দ্রে হইতে অনেকটা দূরে অবস্থিত, সেই সকল বর্তনীতে বিভ্রাৎ সরবরাহ করিবার পক্ষে ওভার কম্পাউণ্ডেড জেনারেটর অতিশয় উপযোগী। এই সকল বর্তনী দিয়া কারেন্ট প্রবাহিত হইবার সময় লাইনের রেজিস্ট্যান্সের দরুন উল্লেখযোগ্য পরিমাণে তড়িৎ-চাপের পতন ঘটে। এখন, লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে লাইনের পরিবাহীতে ভোল্টেজের এই ঘাটতি যতটা বাড়ে, জেনারেটোরের প্রান্তিক চাপও যদি সেই সঙ্গে ঠিক ততটাই বৃদ্ধি পায়, তবে লোডের সকল অবস্থাতেই তড়িৎ বিভবের পতন অতিরিক্ত চাপের সাহায্যে পূরণ করিতে কোন অন্তবিধা দেখা দেয় না, আর তখন সরবরাহ ব্যবস্থার দূরতম প্রান্তেও নির্ধারিত তড়িৎ-চাপে বিভ্রাৎ পৌছাইতে পারে।

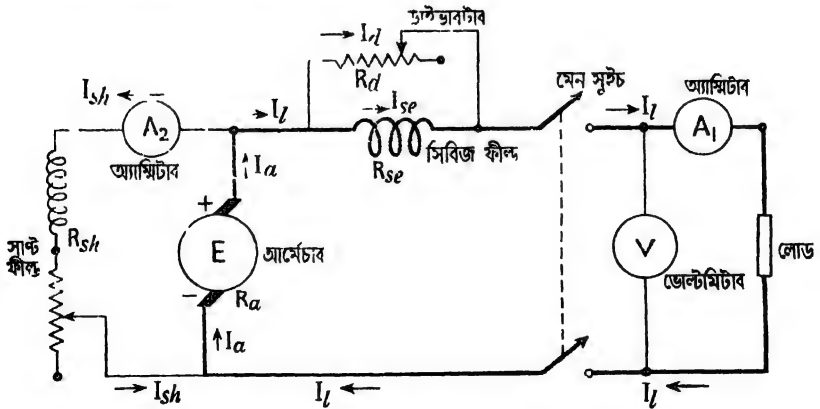
লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে যাহাতে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপও কিছু-না-কিছু বৃদ্ধি পায়, প্রত্যেকটি কিউমউলেটিভ কম্পাউণ্ড জেনারেটোরেই সাধারণতঃ সেইরূপ সন্দেহাবস্থ করা থাকে। তবে এই বৃদ্ধির পরিমাণ আবাব প্রয়োজন হইলে যাহাতে নিয়ন্ত্রণ করা যায় সেই উদ্দেশ্যে অনেক মেসিনেই সিরিজ ফীল্ডে একটি ‘ডাইভারটার’ ব্যবহার করা হয়, অর্থাৎ সিরিজ-কয়েলের সহিত কম-বেশী করা যায় এইরূপ একটি রেজিস্ট্যান্স প্যার্যাললে সংযুক্ত করা থাকে। তখন ডাইভারটারের রোধ বৃদ্ধি করিলে সিরিজ ফীল্ডের উত্তেজন বাড়ে, আবার উহার রোধ বমাইয়া দিলে সিরিজ ফীল্ডের উত্তেজনও কমিয়া যায়। এইভাবেই জেনারেটোরের প্রান্তিক চাপ প্রয়োজনমত কম বা বেশী করা হইয়া থাকে।

(গ) আগার কম্পাউণ্ডেড জেনারেটর (Under Compounded Generator)

লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে যে-সকল কম্পাউণ্ড জেনারেটর প্রান্তিক চাপ ক্রমশঃ কমিতে থাকে, অর্থাৎ পূর্বা লোডে যে-সকল কম্পাউণ্ড জেনারেটর প্রান্তিক চাপ উত্থানের লোডশুল্ক অবস্থায় উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা কম হয়, তাহাদের 'আগার কম্পাউণ্ডেড জেনারেটর' বলে। এই প্রকার জেনারেটরে সিমিক্স কয়েলের পানেন সখ্য। উপবি-উক্ত অল্প দুই প্রকার জেনারেটরের তুলনায় কিছু কম থাকে, ফলে সিমিক্স ফিল্ডের সহায়তার পরিমাণও কিছু কম হয়। তাই মেনিন চালু থাকার সময় বিভিন্ন কারণে উত্থানে যে-পরিমাণ তড়িৎ-চাপের ঘাটতি দেখা দেয়, সিমিক্স ফিল্ডের সহায়তা কখনই তাহার সমস্তট। পূরণ কবিত্তে পারে না। স্বতরাং জেনারেটর লোড বৃদ্ধি পাহনে উহার প্রান্তিক চাপও কমিয়া যায়।

আগার কম্পাউণ্ডেড জেনারেটরের বিশিষ্টতা ৫৮নং চিত্রে ad রেখাচিত্রটির সাহায্যে দেখানো হইয়াছে। যেহেতু এই প্রকার বিশিষ্টতা-রেখা একটি সাঁট জেনারেটর হইতেই পাওয়া যায়, তাই এই জেনারেটরের ব্যবহার বিশেষ দেখা যায় না।

বিশিষ্টতা-রেখা নির্ণয় কবির সময় সাঁট জেনারেটরের ন্যায় কম্পাউণ্ড জেনারেটরেও একই প্রকারে অ্যাম্পিটার, ভোল্টমিটার আর লোড সংযুক্ত কবিত্তে হয়। এই সংযোগ নিয়ে ৫৯নং চিত্রে দেখানো হইল :



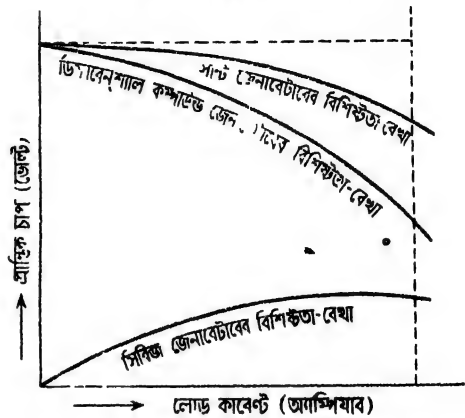
এখানে অ্যাম্পিটার (A_1) লোড কালেক্ট আর ভোল্টমিটার (V) মেনিনের প্রান্তিক চাপ নির্দেশ কাবে। স্বতরাং লোডের বিভিন্ন অবস্থায় লেখচিত্রের হুজ ববাবব A_1 -এব নির্দেশ আর কোটি ববাবব V -এব নির্দেশ বসাইয়া একটি রেখা টানিলেই বাহিবের বিশিষ্টতা রেখা পাওয়া যাইবে। অ্যাম্পিটার (A_2) সাঁট ফিল্ডের তড়িৎ-প্রবাহ নির্দেশ কবিত্তে। তাই এই মিটারের নির্দেশ প্রত্যেকটি লোডের ক্ষেত্রে A_1 -এব নির্দেশের সহিত যোগ কবিলে তবে আরেচাবে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-প্রবাহের

পরিমাণ জানা যাইবে। তখন জেনারেটরের ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখা নির্ণয় করিবার জন্য এই তড়িৎ-প্রবাহ আর আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ লেখচিত্রে যথাক্রমে ভূজ আর কোটি ববাহর বসাইয়া বেখা টানিতে হইবে।

• (৩) ডিফারেন্শিয়াল কম্পাউণ্ড জেনারেটরের বিশিষ্টতা ও ব্যবহার (Characteristic and Use of Differential Compound Generators)

যদি কম্পাউণ্ড জেনারেটরের সিরিজ ফীল্ড উহার শাণ্ট ফীল্ডকে বাধা দেয়, অর্থাৎ সিরিজ ফীল্ডে উৎপন্ন চুম্বকত্ব উহার শাণ্ট ফীল্ডে উৎপন্ন চুম্বকত্বকে হ্রাস করে, তবে

সেই মেশিনকে ‘ডিফারেন্শিয়াল কম্পাউণ্ড জেনারেটর’ বলা হয়। ফীল্ড দুইটির এইরূপ সংযোগ ‘বিপরীত যোগিক’ বা ‘রিভার্স ‘কম্পাউণ্ড’ (Reverse Compounding) নামেও পরিচিত। জেনারেটরে কেবলমাত্র শাণ্ট ফীল্ডেই সংযোগের জন্য যে বিশিষ্টতা-রেখা পাওয়া যায়, আব কেবলমাত্র সিরিজ ফীল্ডের সংযোগের জন্য যে বিশিষ্টতা-বেখা পাওয়া যায়, তাহাদের আলাদা আলাদা ভাবে লেখচিত্রের উপর আঁকিয়া প্রথমটি হইতে দ্বিতীয়টি বাদ দিলে যে বেখা চিত্রটি পাওয়া যাইবে, তাহাই ডিফারেন্শিয়াল কম্পাউণ্ড জেনারেটরের বিশিষ্টতা-রেখা হইবে। এই বিশিষ্টতা-রেখা ৬০নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।



ডিফারেন্শিয়াল কম্পাউণ্ড জেনারেটরের বিশিষ্টতা-বেখা
৬০নং চিত্র

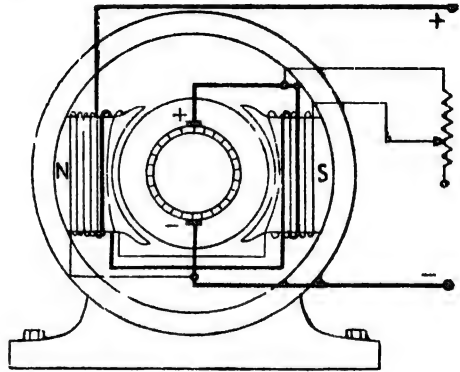
যে সকল কাজে লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে মেশিনের প্রান্তিক চাপকে দ্রুত কমাইয়া তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ মোটামুটি অপরিবর্তিত রাখিতে হয়, সেই সকল কাজের পক্ষে এই জেনারেটর বিশেষ উপযোগী। লোড বৃদ্ধি পাওয়ার ফলে যখন তড়িৎ-প্রবাহ বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে, তখন সিরিজ ফীল্ডের মধ্য দিয়া সেই বর্ধিত কারেন্ট প্রবাহিত হয় বলিয়া উহার উত্তেজনও বৃদ্ধি পায়; কিন্তু শাণ্ট ফীল্ডের উত্তেজনে কোন পরিবর্তন দেখা দেয় না। ইহাতে ফীল্ড-সারকিটে মোট চুম্বক বলবেগার সংখ্যা এবং সেই সঙ্গে আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের পরিমাণ কমিয়া যায়। ফলে কারেন্টও আর না বাড়িয়া মোটামুটি সমান থাকে। জেনারেটরের এই বিশিষ্টতার জন্যই বৈদ্যুতিক ওয়েল্ডিং (electric welding) প্রভৃতি কাজে ইহার ব্যবহার প্রচলিত আছে। তবে লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে মেশিনে তড়িৎ-চাপের দ্রুত অবনতি ঘটে বলিয়া আলো, পাখা, প্রভৃতিতে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার পক্ষে এই শ্রেণীর জেনারেটর আদৌ উপযোগী নহে।

(৪) কম্পাউণ্ড জেনারেটরে ফীল্ড-কয়েল দুইটির বিভিন্ন প্রকার সংযোগ (Different types of Connections of the two Field Coils of a Compound Generator)

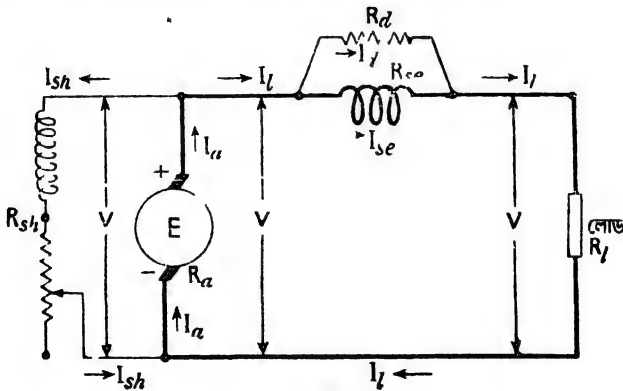
একটি কম্পাউণ্ড জেনারেটরের সার্ট ফীল্ড এবং সিবিজ ফীল্ড উহার আরোচাবের সহিত দুই প্রকারে সংযুক্ত থাকিতে পারে। এই সংযোগেব একটি 'সার্ট-সার্ট কম্পাউণ্ড' আর অরুটি 'লং-সার্ট কম্পাউণ্ড' নামে পবিচিত। মের্সিন কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড জেনারেটরাবই হউক, কিংবা ডিলাবেনশাল কম্পাউণ্ড জেনারেটরাবই হউক, ফীল্ড-কয়েলেব উভয় প্রকার সংযোগই উভয় মের্সিনেব ক্ষেত্রে ব্যবহাব কবা চলে। তবে সংযোগেব এই পাথক্যের জন্য মের্সিনেব বর্শিষ্টতা-বেখাতে অতি সামান্য পবিবর্তনই দেখিতে পাওয়া যায়।

(ক) সার্ট-সার্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটর (Short-Shunt Compound Generator)

কোন কম্পাউণ্ড জেনারেটরাবের সার্ট ফীল্ড যদি সরাসরি উহাব আরোচাবের দুই প্রান্তেব মধ্যে সংযুক্ত থাকে, আব সিবিজ ফীল্ড এই সংযোগেব বাহিবে অবস্থান বেবে, তবে সেহ মের্সিনকে 'সার্ট-সার্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটরাব' বলা হয়। এই প্রকার সংযোগ ৩১নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। ইহাতে যে-সকল চিহ্ন ব্যবহাব কবা হইয়াছে তাহা সার্ট জেনারেটরাব ও সিবিজ জেনারেটরাবের অঙ্গরূপ।



(ক)



(খ)

সার্ট-সার্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটর

৩১নং চিত্র

এখানে

$$(১০) R = \frac{R_d \times R_c}{R_d + R_c} \text{ ওয়,}$$

[ডাইভারটাব না থাকিলে $R = R_c$ হইবে।

$$(১০) I_L = I_d + I_c \text{ অ্যাম্পিয়াব} = \frac{V}{R_L} \text{ অ্যাম্পিয়াব,}$$

[ডাইভারটাব না থাকিলে $I_L = I_c$ হইবে।

$$(১১) I = I_d + I_h \text{ অ্যাম্পিয়াব,}$$

$$(১০) \text{ মিবিএর } R \text{ ও ড'চাপের ঘাটতি} = I \times R \text{ ভোল্ট,}$$

$$() \text{ সার্ট বার্টের দুই প্রান্তের মধ্যবর্তী তড়িৎ-চাপ যদি } V \text{ হয়, তবে}$$

$$V = V + I_d R \text{ ভোল্ট}$$

$$I = I_d R \text{ (ব্রাশের সংযোগস্থলে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি) ভোল্ট,}$$

$$(১০) I_h = \frac{V}{R_c} \text{ অ্যাম্পিয়াব,}$$

$$(১১) E = V + I_d R + I_c R_c + \text{(ব্রাশের সংযোগস্থলে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি) শোর্ট}$$

$$\frac{1}{Z} \frac{N}{P} \frac{P}{A} \text{ ভোল্ট,}$$

$$(১১) \text{ অ্যাম্পিয়াবের তড়িৎ-চাপের ঘাটতি} = I_c R_c \text{ ভোল্ট,}$$

$$(১১) \text{ অ্যাম্পিয়াবের প্রতিটি প্যারামিটারের মাত্রা}$$

$$\text{তড়িৎ-চাপের } \frac{I_c}{A} \text{ অ্যাম্পিয়াব}$$

$$(১০) \text{ জেনারেটরের আউটপুট বা}$$

$$\text{শোর্ট সার্টের মাত্রা } = \frac{V I_L}{5} \text{ কিলোওয়াট,}$$

$$(১১) \text{ জেনারেটরের উৎপন্ন মোট } = \frac{E I_d}{5} \text{ কিলোওয়াট}$$

$$\text{অথবা } \frac{E I_c}{1000} \text{ কিলোওয়াট.}$$

$$(১০) \text{ জেনারেটর এবং কন্ট্রোল বা প্রতিরোধের মাত্রা}$$

$$\text{আউটপুট} = \frac{\text{জেনারেটরের আউটপুট}}{\text{জেনারেটরের কর্মক্ষমতা}},$$

$$= \frac{V I_L \times 100}{\text{জেনারেটরের ' কর্মক্ষমতা }} \text{ ওয়াট,}$$

$$= \frac{V I_L \times 100}{\text{জেনারেটরের \% কর্মক্ষমতা} \times 746} \text{ অংশশক্তি।}$$

উদাহরণ ৩-১৫। একটি স্ট-সার্ক কম্পাউণ্ড জেনারেটর ২৩০ ভোল্টে ১৫০ অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ সরবরাহ করে। যদি সার্ক ফীল্ডের তড়িৎ-প্রবাহ ২৫ অ্যাম্পিয়ার, আর্মেচারের রোধ ০.০৩২ ওম, সিরিজ ফীল্ডের রোধ ০.০১৫ ওম এবং ডাইভারটারের রোধ ০.০৩ ওম হয় তবে আর্মেচারে আবিষ্কৃত তড়িৎ-চাপ ও জেনারেটরে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি কত হইবে?

এখানে

$$V = ২৩০ \text{ ভোল্ট,}$$

$$I_f = ১৫০ \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$I_a = ২৫ \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$R_a = ০.০৩২ \text{ ওম}$$

$$R_{sf} = ০.০১৫ \text{ ওম}$$

$$R_d = ০.০৩ \text{ ওম।}$$

অতএব

$$R = \frac{R_a \times R_d}{R_a + R_d} = \frac{০.০৩২ \times ০.০৩}{০.০৩২ + ০.০৩}$$

$$= \frac{০.০০০৯৬}{০.০৬২}$$

$$১.৫৩২৪ \text{ ওম।}$$

$$I = I_f + I_a = ১৫০ + ২৫$$

$$= ১৭৫ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

এই টার্মের সাধারণ সংজ্ঞা হলো তড়িৎ চাপের পরিমাণ যখন কোন ড্রলিং নাহি, অতএব তাহা টার্মস্টাফ পরিণতে হইবে।

সুতরাং

$$E = V + I_f R + I_a P$$

$$= ২৩০ + ১৫ \times ০.০১৫ + ১৭৫ \times$$

$$১.৫৩২৪ + ১২$$

$$= ২৩৬.৬৬ \text{ ভোল্ট।}$$

$$\text{জেনারেটর ১ ড্রলিং মেইন তড়িৎ শক্তি} = \frac{E I_a}{1}$$

$$= \frac{২৩৬.৬৬ \times ১৭৫}{১০০}$$

$$= ৪১৪.১৫ \text{ কিলোওয়াট।}$$

উদাহরণ ৩-১৬। একটি স্ট-সার্ক কম্পাউণ্ড জেনারেটর ২০০ ভোল্টে ১০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে। যদি এই মেশিনের আর্মেচারের রোধ ০.২ ওম, সিরিজ ফীল্ডের রোধ ০.০৪ ওম এবং সার্ক ফীল্ডের রোধ ৫১ ওম হয়, তবে উহার আর্মেচার-কারেন্ট ও আর্মেচারে আবিষ্কৃত তড়িৎ-চাপ কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $V = 200$ ভোল্ট,
 $I_L = 100$ অ্যাম্পায়, $R_a = 0.2$ ওম,
 $R_s = 0.08$ ওম আৰু
 $R_f = 0.51$ ওম।

জেনাৰেটৰ ভাৰভাৱতাৰ পৰিৱৰ্তন কৰা হ'ব নাই যদিহে এখানে $R = R_s$,
 এৰ $I = I_L$ হ'ব।

অ.এন $V = I_L R + I_L R_s$
 $200 = 100 \times 0.08 + 100 \times 0.51$
 $200 = 100 \times 0.59$
 $I = \frac{V}{R}$
 $I = \frac{200}{0.59}$
 $I = 339$ অ্যাম্পায়।

এই উদাহৰণত ব্ৰাণ্ড ০.৮ চাৰ্ভাৰ্ভাৰেটৰ পৰিৱৰ্তন কৰি উলিয়াই দিয়া নাই অৱশ্যে
 ০.৮ চাৰ্ভাৰ্ভাৰেটৰ।

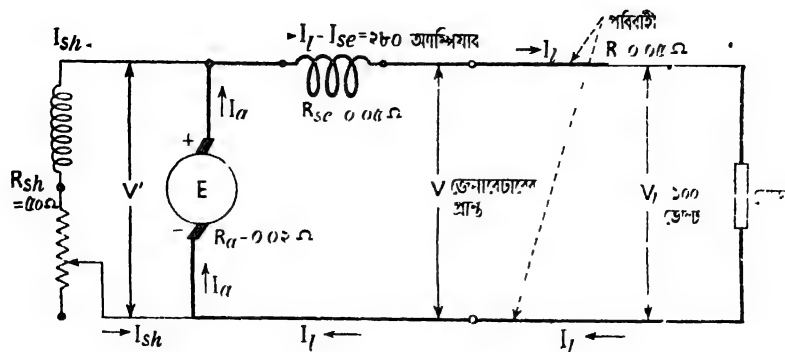
অ.এন $I = \frac{V}{R + R_s} + I_L$
 $200 = 100 \times 0.08 + 100 \times 0.51$
 $200 = 100 \times 0.59$
 $I = 339$ অ্যাম্পায়।

উদাহৰণ ৩১৭। এক টি ৮৮ ৮৮ উত্তৰীয়া বৰ একজোড়া পৰিৱৰ্তন সাহায্যে
 লোড সাৰকিটে বহুত সৰল কৰা হ'ব। পৰিৱৰ্তনৰ সময়ত বোৰ ০.০৫ ওম এৰ
 লোড সাৰকিটেৰ তড়িৎ চাপ ১০০ ভে.ট। যদি বৰ্তনীতে ৩০ ওয়াৰ্টেৰ ২০০টি বাতি এৰ
 পূৰা লোডে ৪০ অ্যাম্পায়ৰ কৰি। কাৰণে লয় এইকপ ৪টি মোটৰ সংযুক্ত থাকে, তৰে

- (ক) লোড সাৰকিটেৰ মোট কাৰণে
 (খ) জেনাৰেটৰেৰ পাৰ্শ্বিক চাপ (terminal voltage), ৩
 (গ) আমেচাবে আবিষ্কৃত তড়িৎ চাপ

কত হ'ব, তাহা নিৰ্ণয় কৰ। জেনাৰেটৰেৰ আৰ্মেচাৰেৰ ৰোধ ০.০২ ওম, সিরিজ ফীল্ডেৰ
 ৰোধ ০.০৫ ওম এৰ সার্ক ফীল্ডেৰ ৰোধ ৫০ ওম।

পৰিৱৰ্তীতে তড়িৎ চাপৰ পতন হ'ব বলিগা এখানে জেনাৰেটৰেৰ পাৰ্শ্বিক চাপ
 অপেক্ষা লোড সাৰকিটেৰ ভোল্টেজ কম হ'ব (উদাহৰণ ৩১৭ দেখ)। ইহা ৬২ন
 চিত্ৰটি লক্ষ্য কৰিলে বুজাতে পাৰিব। এই চিত্ৰে জেনাৰেটৰেৰ বিভিন্ন অংশেৰ
 তড়িৎ চাপ, তড়িৎ প্ৰবাহ এৰ বোধ কত হ'ব, তাহা দেখানো হৈছে।



* নোট

এখানে (লোড-সার্কিটে ভোল্টেজ ড্রপ) $V_L = 100$ ভোল্ট,

(পরিবাহীদ্বয়ের সমবেত রেজিস্ট্যান্স) $R = 0.05$ ওহম,

$R_a = 0.02$ ওহম,

$R_{se} = 0.06$ ওহম, আর

$R_{sh} = 0.02$ ওহম।

(ক) ২০০টি বাতি বৈদ্যুতিক শক্তির প্রয়োজন হয়

$100 \times 20 = 2000$ ওয়াট,

এবং পুরা লোডে ১০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লয় এইরূপ ৬টি মোটরের জন্য বৈদ্যুতিক শক্তির প্রয়োজন হয়

$100 \times 20 \times 2 = 4000$ ওয়াট।

সুতরাং বর্তনীতে সংযুক্ত সমবেত লোড

$= 2000 + 4000 = 6000$ ওয়াট।

অতএব $V_L \times I_L = 6000$ ওয়াট,

$$\therefore I_L = \frac{6000}{V_L} = \frac{6000}{100} = 60 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

(গ) $V = V_L + I_L \times R$

$$= 100 + 60 \times 0.05$$

$$= 118 \text{ ভোল্ট।}$$

(গ) $V' = V + I_L R_{se}$

$$= 118 + 60 \times 0.06$$

$$= 122 \text{ ভোল্ট।}$$

$$\therefore I_{sh} = \frac{V'}{R_{sh}} = \frac{122}{0.02}$$

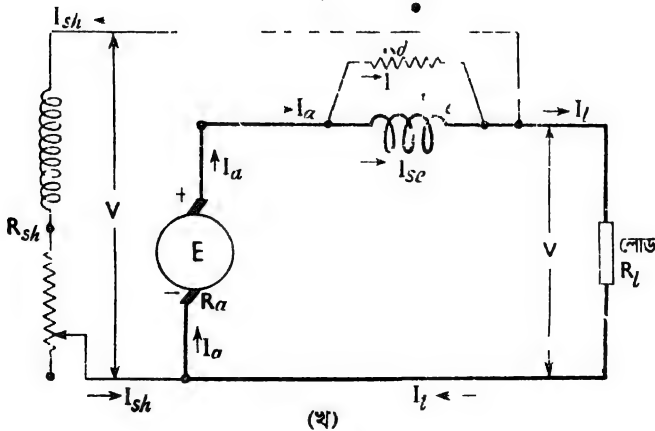
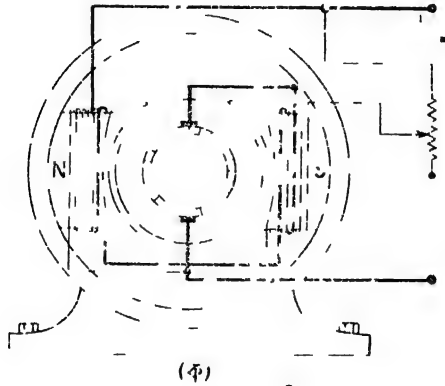
$$= 6100 \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{এবং } I_a &= I_l + I_{sh} = 270 + 2.56 \\ &= 272.56 \text{ অ্যাম্পিয়ার।} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{অতএব } E &= V + I_l R_{se} + I_a R_a \\ &= 118 + 27 \times 0.05 + 272.56 \times 0.02 \\ &= 120.56 \text{ ভোল্ট।} \end{aligned}$$

(খ) লং-শাট কম্পাউণ্ড জেনারেটর (Long-Shunt Compound Generator)

কোন কম্পাউণ্ড জেনারেটরের সিবিজ ফীন্ড যখন সবাসরি আরম্ভের সহিত সিবিজে যুক্ত থাকে এবং উৎপন্ন সাট বা-ডকে এই স যোগের বাহিরে মোসিনের দুই প্রান্তের মধ্যে সংযুক্ত করা হয়, তখন সেই যে মনকে 'লং-শাট কম্পাউণ্ড জেনারেটর' বলা। এইরূপ একটি জেনারেটরের সংযোগ নিয়ে ৩৩নং চিত্রে দেখানো হইল। ইহাতে যে সকল চিহ্ন ব্যবহৃত করা হইয়াছে, তাহা সর্বাঙ্গীণ কম্পাউণ্ড জেনারেটরের অন্তর্গত।



লং-শাট কম্পাউণ্ড জেনারেটর
৩৩নং চিত্র

এখানে

$$(১০) R_s = \frac{R_d \times R_{t,e}}{R_d + R_{t,e}} \text{ ওম,}$$

[ডাইভারটার না থাকিলে $R_s = R_{t,e}$ হইবে]

$$(১১) I_a = I_d + I_{t,e} = I_l + I_{t,h} \text{ অ্যাম্পিয়ার.}$$

[ডাইভারটার না থাকিলে $I_{t,e} = I_a$ হইবে]

$$(১২) \text{ আর্মেচারের প্রতিটি প্যার্যালেল-বাস্তায়}$$

$$\text{তড়িৎ-প্রবাহ} = \frac{I_a}{A} \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$(১৩) I_{t,h} = \frac{V}{R_{t,h}} \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$(১৪) I_l = \frac{V}{R_l} \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$(১৫) \text{ আর্মেচারে তড়িৎ চাপের ঘাটতি} = I_a R_a \text{ ভোল্ট,}$$

$$(১৬) \text{ সিরিজ ফীল্ডে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি} = I_a R_s \text{ ভোল্ট,}$$

$$(১৭) E = V + I_a(R_a + R_s) + (\text{ব্রাশের ম যোগস্বলে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি}) \text{ ভোল্ট}$$

$$= \phi \sum_{i=1}^N \frac{P}{A} \text{ ভোল্ট,}$$

$$(১৮) \text{ জেনারেটরের আউটপুট বা}$$

$$\text{লোড সাবকিটের মোট তড়িৎ-শক্তি} = VI_l \text{ ওয়াট অথবা } \frac{VI_l}{1000} \text{ কিলোওয়াট,}$$

$$(১৯) \text{ জেনারেটরে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি} = EI_a \text{ ওয়াট}$$

$$\text{অথবা } \frac{EI_a}{1000} \text{ কিলোওয়াট,}$$

$$(২০) \text{ জেনারেটরের ইনপুট বা}$$

$$\text{প্রাইম মুভারের আউটপুট} = \frac{\text{জেনারেটরের আউটপুট}}{\text{জেনারেটরের কর্মক্ষমতা}},$$

$$= \frac{VI_l \times 100}{\text{জেনারেটরের \% কর্মক্ষমতা}} \text{ ওয়াট,}$$

$$= \frac{VI_l \times 100}{\text{জেনারেটরের \% কর্মক্ষমতা} \times 980} \text{ অশ্বশক্তি।}$$

উদাহরণ ৩-১৮। একটি লং-সার্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটর বাহিরের বর্তনীতে ৫০০ ভোল্টে ৫০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে। মেনিনের আর্মেচার, সার্ট ফীল্ড এবং সিরিজ ফীল্ডের রোধ যথাক্রমে ০.০৫ ওম, ২.৫০ ওম এবং ০.০৩ ওম। যদি প্রতি ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি ১০ ভোল্ট করিয়া ধরা হয়, তবে এই জেনারেটরের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কত হইবে ?

$$\text{এখানে } V = ৫০০ \text{ ভোল্ট,}$$

$$I_l = ৫০ \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$R_a = ০.০৫ \text{ ওম,}$$

$$R_h = ২৫০ \text{ ওম,}$$

$$R_e = ০.১৭ \text{ ওম, আব}$$

$$\text{ব্রাশে মোট তড়িৎ-চাপের ঘাটতি} = ১০ \times ২ = ২০ \text{ ভোল্ট।}$$

$$(\text{বাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি সম্বন্ধে উদাহরণ ৩-৬ দেখ})$$

$$\text{এখন, } I_h = \frac{V}{R_h} = \frac{৫০০}{২৫০}$$

$$= ২০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_a = I_l + I_h = ৫০০ + ২০$$

$$= ৫২০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\text{সুতরাং } E = V + I_a (R_l + R_e) + \text{ব্রাশে মোট তড়িৎ-চাপের ঘাটতি}$$

$$= ৫০০ + ৫২ (০.১৭ + ০.০৩) + ২০$$

$$= ৫০৬.১৬ \text{ ভোল্ট।}$$

উদাহরণ ৩-১৯। একটি কম্পাউন্ড জেনারেটর ১১০ ভোল্টে বাহিরের বর্তনীতে বিদ্যুৎ সরবরাহ করে। বর্তনীতে ৫৫ ওয়াটের ২০০টি বাতি সংযুক্ত আছে। মেসিনের আর্মেচার, সিরিজ ফিল্ড ও সার্ট ফিল্ডের রোধ যথাক্রমে ০.০৬ ওম ০.০৪ ওম এবং ২৫ ওম। যদি এই জেনারেটর (ক) লং সার্কে, (খ) সার্ট সার্কে সংযুক্ত থাকে, তবে উহার আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কত হইবে? ব্রাশে মোট তড়িৎ চাপের ঘাটতি ৩০ ভোল্ট দরিয়ালগ।

$$\text{এখানে } V = ১১০ \text{ ভোল্ট,}$$

$$R_a = ০.০৬ \text{ ওম,}$$

$$R_e = ০.০৪ \text{ ওম}$$

$$R_h = ২৫০ \text{ ওম,}$$

$$\text{মোট সার্কিটে মোট বৈদ্যুতিক শক্ত প্রয়োজন} = ১১ \times ২০০$$

$$= ১১০০০ \text{ ওয়াট এবং}$$

$$\text{ব্রাশে মোট তড়িৎ চাপের ঘাটতি} = ৩০ \text{ ভোল্ট।}$$

(ক) জেনারেটর যখন লং-সার্কে সংযুক্ত থাকে, তখন

$$V I_l = ১১০০০ \text{ ওয়াট,}$$

$$I_l = \frac{১১০০০}{১১০} = ১০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I = \frac{V}{R_h} = \frac{১১০}{২৫} = ৪.৪ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_a = I_l + I_h = ১০০ + ৪.৪ = ১০৪.৪ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\text{অতএব } E = V + I_a (R_l + R_e) + \text{ব্রাশে মোট তড়িৎ-চাপের ঘাটতি}$$

$$= ১১০ + ১০৪.৪ (০.০৬ + ০.০৪) + ৩০$$

$$= ১১৩.৪৪ \text{ ভোল্ট।}$$

(খ) জেনারেটর যখন সার্ট-সাল্টে সংযুক্ত থাকে, তখন

$$V_{I_1} = 11000 \text{ ভোল্ট,}$$

$$I_1 = \frac{11000}{110} \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$V = V + I_1 \times R_s = 110 + 100 \times 0.05 \\ = 115 \text{ ভোল্ট।}$$

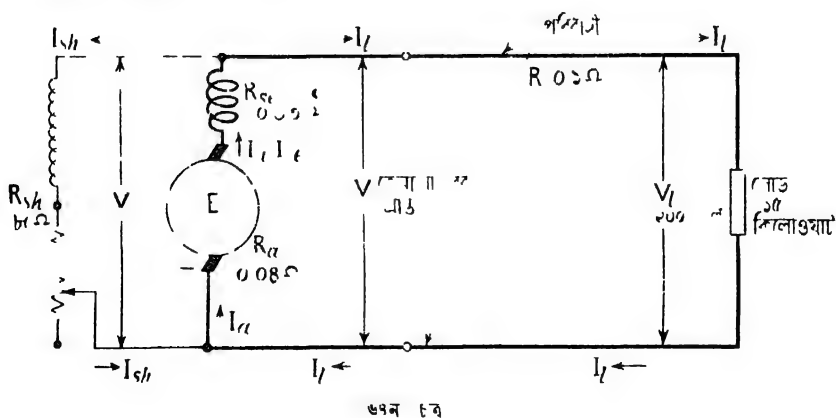
$$I_a = \frac{V}{R_a} = \frac{115}{0.08} = 856 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I = I_1 + I_a = 100 + 856 = 956 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\begin{aligned} \text{অর্থাতঃ } \Gamma V + I R_s + I_a R_a + \text{ব্রাশ মোট ড্রপ চাপের পরিমাণ} \\ = 110 + 956 \times 0.05 + 100 \times 0.05 + 30 \\ = 133.3 \text{ ভোল্ট।} \end{aligned}$$

উদাহরণ ৩১০। একটি ন. ম. টি কম্পাউন্ড জেনারেটর এক ছোট পরিবাহী সাহায্যে ১৫ কিলোওয়াট বৈদ্যুতিক শক্তি লোড সার্কিটে সরবরাহ করে। লোড সার্কিটের ড্রপ চাপ ২০০ ভোল্ট এবং পরিবাহীদ্বয়ের সমস্ত ব্রাশ মোট ড্রপ ৩০ ভোল্ট। যদি অর্মেচারের ব্রাশ ১.৮ ওম, সিরিজ ফিল্ডের ব্রাশ ১.৩ ওম এবং শাট ফিল্ডের ব্রাশ ৮০ ওম হয় তবে জেনারেটরের অর্মেচারে আবিষ্ট ড্রপ চাপের পরিমাণ কত হবে?

পরিবাহীর ব্রাশের দ্রবন ০.৫ ড্রপ চাপের জন্য বালি ০.৫ ভোল্ট লোড-সার্কিটের ভোল্টেজ জেনারেটরের পক্ষিক চাপ সমান হবে। এখন চিত্রটি লক্ষ্য কর বালি উইন্ডিং বর্ণনা।



$$\text{এখানে লোড} = \frac{V I_1}{1000} \text{ কিলোওয়াট}$$

$$\text{অথবা } 15 = \frac{V I_1}{1000} \text{ কিলোওয়াট}$$

$$\therefore I_1 = \frac{15 \times 1000}{V_1}$$

$$= \frac{15 \times 1000}{200} = 75 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$V = V_1 + I_1 R = 200 + 75 \times 0.2$$

২০১৫ ভোল্ট।

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{201.5}{20}$$

$$= 10.075 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_1 + I_2 = 75 + 10.075 = 85.075 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

ব্রাহ্মণ যে কড়িঃ চাপবঃ, ইতি হনঃ পঃ। এই চাপবঃ (১৫) চাপবঃ কবিঃ হঃ।

স্বত্বঃ

$$F = V + I (R_1 + R_2)$$

$$= 201.5 + 85.075 (0.2 + 0.1)$$

$$= 201.5 + 12.76125$$

$$= 214.26125 \text{ ভোল্ট।}$$

৫। সাল্ট জেনারেটর বাতির সারকিটের জন্ম উপযুক্ত নয় কেন? একটি অফিস বাড়ীতে ও একটি পাওয়ার হাউসে তুমি কি ধরনের জেনারেটর বসাইতে পছন্দ কর?

৬। নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির কারণ দর্শাও :—

(ক) একটি ডি-সি সাল্ট জেনারেটর কি কারণে বিল্ড আপ করিতে অসমর্থ হয়?

(খ) সাল্ট জেনারেটর লোড দিলে ভোল্টেজ ড্রপ করে কেন?

৭। (ক) একটি সাল্ট জেনারেটর এবং একটি ওভারকম্পাউণ্ডেড জেনারেটরের নো-লোড ভোল্টেজ সমান। উহাদের লোড ক্যারেক্টারিস্টিক একটি নকশাতে দেখাও।

(খ) সাল্ট জেনারেটরের তুলনায় ওভারকম্পাউণ্ডেড জেনারেটরের সুবিধা কি?

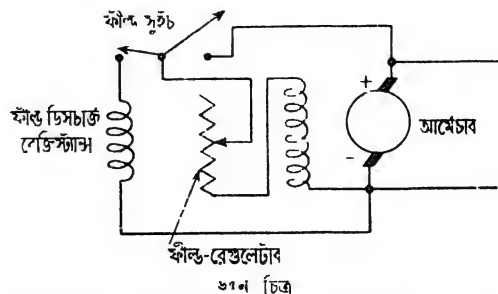
(গ) ওভারকম্পাউণ্ডেড জেনারেটরে কখন কখন ডাইভার্টার ব্যবহার করা হয় কেন? •

৮। একটি “over” compounded ডাইনামোর characteristic ও একটি “level” compounded ডাইনামোর characteristic-এব মध्ये প্রভেদ কি?

৯। (a) A running generator was shut down for normal maintenance and was started and found not building up any voltage. What may be the probable reasons and describe the remedies?

(b) What happens when the field circuit is opened suddenly? What precautions should be adopted to avoid damage to the field circuit on account of this?

[কোন ডি. সি. মেশিনের ফীল্ড-সারকিট হঠাৎ খুলিয়া গেলে চুষক-রেখা দ্রুত পরিবর্তিত হইতে থাকে। ইহাতে চুষকায় আবেশের (self-induction) দরুন ফীল্ড-কয়েলে অত্যধিক তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয় এবং কয়েলের অন্তরণ (insulation) ফুটা হইয়া যাওয়ার সম্ভাবনা দেখা দেয়। এই কারণে হয় ফীল্ড-কয়েলের অন্তরণ অত্যধিক তড়িৎ-চাপের উপযুক্ত হওয়া চাই, অথবা ফীল্ড-সারকিটের



সহিত প্যাৰাৰালেলে একটি উপযুক্ত রেজিস্ট্যান্স সংযোগ করা দরকার। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই

দ্বিতীয় প্রথাটি গৃহীত হয়। প্যারালেলে-সংযুক্ত এই রেজিস্ট্যান্সকে 'ডিসচার্জ রেজিস্ট্যান্স' (Discharge Resistance) বলে। ফীল্ড-কয়েলের সহিত এই রেজিস্ট্যান্স যেভাবে সংযুক্ত থাকে, তাহা ৬৭নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। মেশিন স্বাভাবিক অবস্থায় চলিবার সময় ডিসচার্জ রেজিস্ট্যান্সের একটি প্রান্ত খোলা থাকে, কিন্তু হঠাৎ ফীল্ড-সারকিট খুলিয়া গেলে উহা বড়ই প্রান্ত ফীল্ড-সারকিটের ডুই প্রান্তের সহিত যুক্ত হইয়া বতনী সম্পূর্ণ করে। তখন সেই বর্তনীর মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার সময় তড়িৎ-চাপের পতন ঘটে বলিয়া ফীল্ড-কয়েলে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ কমিয়া যায়।]

১০। (ক) লোড দিলে কেন সাঁট জেনারেটোরের ভোল্টেজ কমিয়া যায় তাহার কারণ দেখাও। জেনারেটোরে লোড দিলে কেন উহা 'বিল্ড' করিতে অক্ষম হয়?

(খ) ক্রিটিক্যাল ফীল্ড রেজিস্ট্যান্সের সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ।

১১। ডি. সি. জেনারেটর কত প্রকারের দোঁগথে পাওয়া যায়? চিত্র অঙ্কন করিয়া প্রত্যেক প্রকার জেনারেটোরের বিশিষ্টতা ও ব্যবহার সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

১২। ডি. সি. জেনারেটোরের সম্পৃক্তি রেখা বা চূর্ণকীয় বিশিষ্টতা-রেখা কিভাবে নির্ণয় করা হয়? চালু করিবার পরে একটি জেনারেটর উহার সম্পৃক্তি রেখার কতদূর পর্যন্ত 'বিল্ড আপ' করিতে পারে?

১৩। ডি. সি. জেনারেটোরে বিভিন্ন প্রকারের কি কি বিশিষ্টতা পাওয়া যায়? প্রত্যেকটি বিশিষ্টতা-রেখা কোন্ কোন্ বিষয়ের মধ্যে সম্পদ্ব নির্দেশ করে?

১৪। চালু করিবার পরে একটি সাঁট জেনারেটোরের আর্মেচারে যেভাবে ধাপে ধাপে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, তাহা নক্সা অঙ্কন করিয়া বুঝাও। কি কি কারণে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হওয়া ব্যর্থ হয় এবং কিভাবে তাহা সংশোধন করা যায় বল।

১৫। সাঁট জেনারেটোরের 'ক্রিটিক্যাল ফীল্ড-রেজিস্ট্যান্স' ও 'ক্রিটিক্যাল স্পীড' বলিতে কি বুঝায়, তাহা চিত্র অঙ্কন করিয়া সংক্ষেপে লিখ।

১৬। পূরা লোডসহ চলিবার সময় একটি সাঁট জেনারেটর ৬০০ ভোল্টে ১৫০ দিলোওয়াট বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ করে। যদি এই জেনারেটোরের আর্মেচারের রোধ ০.০৮ ওম এবং সাঁট ফীল্ডের রোধ ৮০ ওম হয়, তবে উহার আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কত হইবে? (উঃ ৬২০ ৬ ভোল্ট)

১৭। এক জোড়া পরিবাহীর সাহায্যে একটি সাঁট জেনারেটর বাহিরের বর্তনীতে ২০০ ভোল্টে ৭৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে। যদি পরিবাহীদ্বয়ের সমবেত রোধ ০.০৮ ওম, সাঁট ফীল্ডের রোধ ৮০ ওম এবং আর্মেচারের রোধ ০.০৪ ওম হয়, তবে জেনারেটোরের টার্মিনাল ভোল্টেজ এবং আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কত হইবে? তড়িৎ-চাপের ঘাটতি প্রতি ব্রাশে ১.৫ ভোল্ট হিসাবে ধরিয়া লও।

(উঃ ২০৬ ভোল্ট এবং ২১২.১ ভোল্ট)

১৮। একটি সাঁট জেনারেটোরের বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা হইতে উহার ভিতরের বিশিষ্টতা-রেখা কিভাবে নির্ণয় করা যায়, তাহা চিত্র অঙ্কন করিয়া ব্যাখ্যা কর।

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

কয়েকটি বিশেষ ধরনের ডি. সি. জেনারেটর ও তাহাদের ব্যবহার ; জেনারেটরের তড়িৎ-চাপ নিয়ন্ত্রণ

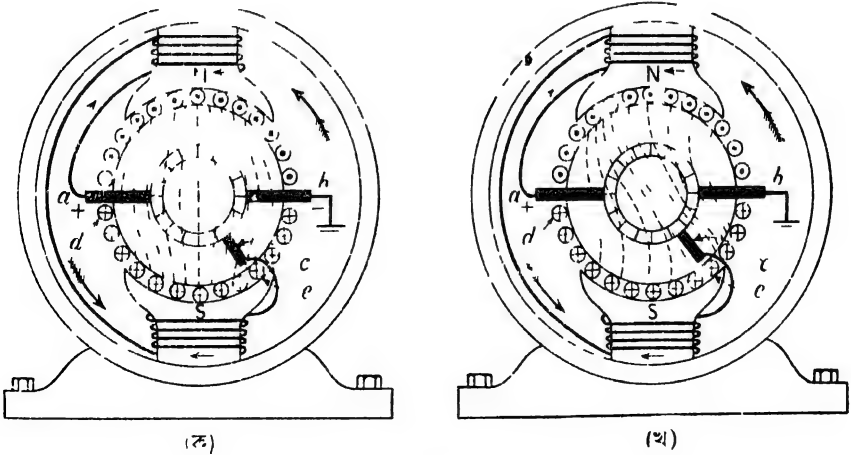
(Some Special Types of D. C. Generators and Their
Uses ; Voltage Regulation of D. C. Generators)

বিশেষ ধরনের জেনারেটর

পূর্ব পরিচ্ছেদে যে-সকল জেনারেটর সম্বন্ধে আলোচনা করা হইয়াছে, তাহা ছাড়াও কয়েকটি বিশেষ ধরনের জেনারেটর বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রে ব্যবহার কবিত্তে দেখা যায়। এইরূপ কয়েক প্রকার জেনারেটর সম্বন্ধে নিম্নে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল।

৪-১। সহায়ক-ব্রাশ যুক্ত বা তৃতীয়-ব্রাশ যুক্ত জেনারেটর (Auxiliary-Brush or Third-Brush Generator)

বিশেষ এক ধরনের ছোট ছোট জেনারেটর যখন অসামান্য পরিণত গতিবেগে চলিতে থাকে, তখন আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার সাহায্য লইয়া ঐ সকল জেনারেটরকে তড়িৎ-প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করা চলে। মোটর গাড়িতে ব্যাটারি চার্জ কবিবার জন্য সাধারণতঃ এই ধরনের জেনারেটরই ব্যবহার করা হয়। যদি এই কাজে একটি সাধারণ সাল্ট অথবা কম্পাউণ্ড জেনারেটর ব্যবহার করা যায়, তবে জেনারেটর হইতে ব্যাটারিতে যে তড়িৎ প্রবাহিত হইবে তাহার পরিমাণ গাড়ির গতিবেগের পরিবর্তনের



সহায়ক-ব্রাশ যুক্ত জেনারেটর

৬৬নং চিত্র

সঙ্গে সঙ্গে পরিবর্তিত হইতে থাকিবে। গার্ডি যখন ধীর গতিতে চলিবে, তখন আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কম হওয়ার জন্য জেনারেটর অতি অল্প পরিমাণ কারেন্ট সরবরাহ করিবে, আর গার্ডি যখন জোরে চলিবে, তখন আর্মেচারের তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পাওয়ার ফলে জেনারেটর প্রচুর পরিমাণ কারেন্ট সরবরাহ করিতে থাকিবে।

মোটর গাড়িতে ব্যবহৃত জেনারেটর হইতে যে বিদ্যুৎ সরবরাহ পাওয়া যায়, তাহা নিয়ন্ত্রণ কবিবাব একটি প্রচলিত ব্যবস্থা হইতেছে তৃতীয়-ব্রাশ যুক্ত জেনারেটর ব্যবহার করা। এই জেনারেটরবেব সাট ফোল্ড পজিটিভ আর নেগেটিভ ব্রাশ দুইটির মধ্যে যুক্ত না থাকিয়া যে-কোন একটি প্রধান ব্রাশ আব অপেক্ষাকৃত ছোট একটি তৃতীয় ব্রাশেব মধ্যে সংযুক্ত থাকে। তৃতীয় ব্রাশটি পজিটিভ আর নেগেটিভ—এই দুই প্রধান ব্রাশের মধ্যস্থলে স্থবিধামত কোন এক ভায়ণায় বসানো হয়। ইহা ৬৬ন° চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই চিত্রে a-দ্বারা প্রধান পজিটিভ ব্রাশ, b দ্বারা প্রধান নেগেটিভ ব্রাশ, খাব c দ্বারা সহায়ক তৃতীয় ব্রাশ চিহ্নিত আছে। নেগেটিভ ব্রাশটি আবাব সচবাচব গার্ডিবে ফেমেব সহিত যুক্ত হইয়া মিথস্ক্রিয়া (interthrew) থাকে।

জেনারেটরবেব যেদিকে ঘোরে তাহাব বিপরীত দিকে প্রায় ৬০ ডিগ্রী কোণ উৎপন্ন করিয়া সহায়ক ব্রাশটি অবস্থিত থাকে, চিত্রে এইরূপ দেখানো হইয়াছে, আব সাট ফোল্ডের সংযোগ দেখানো হইয়াছে। পজিটিভ ব্রাশ আব সহায়ক ব্রাশেব মধ্যে। জেনারেটর যখন অল্প পরিমাণ কারেন্ট সরবরাহ করে, তখন আর্মেচারেব মধ্য দিয়া চুম্বক বেগাপ্রবাহ যেভাবে অগ্রসর হয়, তাহা ৬৬(ক)ন° চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই সময় আর্মেচারেব প্রতিফলিতা অতিশয় নগণ্য থাকে, আব মেনিন যেদিকে ঘোরে সেদিকে পজিটিভ আব সহায়ক ব্রাশ দুইটির মধ্যে অবস্থিত a-স্থল c পর্যন্ত পরিবাহীসমূহ সংযুক্ত পরিবাহীসমূহ চুম্বক বলবেগা কখন বদলে বলিয়া এই সকল পরিবাহীতে যে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়, তাহা সাট ফোল্ডের দুই প্রান্তের মধ্যবর্তী ভোল্টেজের প্রায় সমান থাকে।

কিন্তু গার্ডির গতিবেগ যখন বৃদ্ধি পায়, আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপও তখন বেগা হয়, ফলে জেনারেটরও অধিক পরিমাণে কারেন্ট সরবরাহ করিতে আবশ্যক করে। ইহাতে আর্মেচারেব প্রতিফলিতা প্রবল হওয়া গুঠে, এবং এই প্রতিফলিতা চুম্বক-রেখা বিকৃতিকাবী অংশ তখন ফোল্ডের চুম্বক বেগাপ্রবাহকে আর্মেচার যেদিকে ঘোরে সেই দিকে ঠেলিয়া দেয়, অর্থাৎ আর্মেচারেব যে অংশে a হইতে c পর্যন্ত পরিবাহীসমূহ অবস্থিত রহিয়াছে, সেখান হইতে চুম্বক বেগামধ্যস্থ সবিয়া নেগেটিভ আব সহায়ক ব্রাশ দুইটির মধ্যস্থলের দিকে যায়। ইহা ৬৬(গ)ন° চিত্রে দেখানো হইয়াছে। চুম্বক-রেখা সবিয়া যাওয়াতে তখন a হইতে c পর্যন্ত পরিবাহীসমূহে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ আর সেই সঙ্গে সাট ফোল্ডের কার্যকরী ভোল্টেজ অনেকাংশে কমিয়া যায়, তাই জেনারেটরের পক্ষে আর অধিক পরিমাণে কারেন্ট সরবরাহ করা সম্ভব হয় না। এইভাবে গার্ডির গতিবেগ বৃদ্ধি পাইলে তড়িৎ-চাপ ষতটা বাড়ি, আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া বৃদ্ধি পাইয়া আবাব তড়িৎ-চাপকে ঠিক ততটা না হইলেও অনেকটাই কমাইয়া আনে।

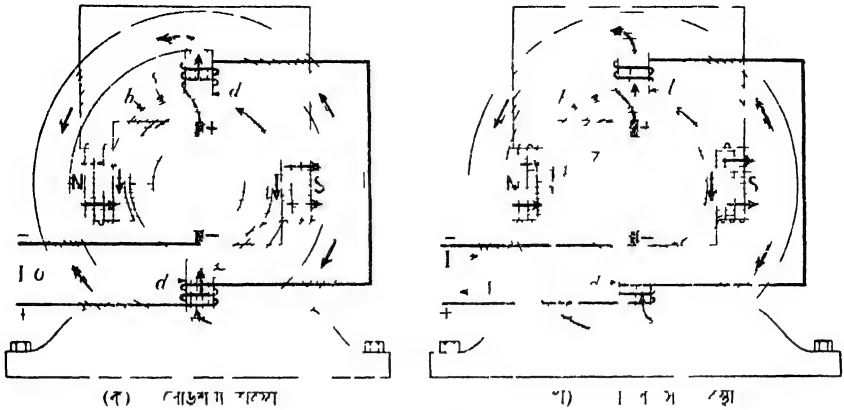
ফলে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ যদি কিছুটা বাড়েও, তবে সেই বৃদ্ধির পরিমাণ হয় অতিশয় নগণ্য। *৬৩(খ)নং চিত্রটি ভালভাবে লক্ষ্য করিলেই বুঝিতে পারিব যে, আমেচার যেদিকে ঘোরে সহ্যক ব্রাশটিকে যতই সেইদিকে সবাইয়া দেওয়া হইবে, তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ ততই বৃদ্ধি পাইতে থাকিবে, আর সহ্যক ব্রাশটিকে যদি তাহার বিপরীত দিকে সবানো যায়, তবে তড়িৎ প্রবাহের পরিমাণও কমিতে আসন্ত করিবে।

গাড়ী-চাটাবি চাক করিবার জন্য যখন এই ধরনের জেনারেটর ব্যবহার করা হয়, তখন জেনারেটরের সহিত ব্যাটারিকে সংসর্গিত যুক্ত না করিয়া সাধারণতঃ একটি 'কাট ও'উট বিল (cutout relay) এর মাধ্যমে উভয়ের মধ্য সংযোগ স্থাপন করা হয়। জেনারেটরের তড়িৎ চাপ বৃদ্ধি হইয়া যখন গাড়ীটির মোটরজ অংশে সামান্য কিছু বেগা হয়, এখনও বিল ব্যাটারীকে জেনারেটরের সহিত যুক্ত করিয়া দেয়, আবার জেনারেটরের তড়িৎ চাপ ন্যূন হইলেও মোটরজ বন্ধ, এখন সেট চাটাবিটির মোটর অংশে বম হইলে ব্যাটারীকে উচ্চতর শক্তিতে শাটাবি হইতে জেনারেটরের প্রাথমিক হইতে না পাঠে, সেজন্য বিল উভয়ের মধ্যকার সংযোগ নানানটি পরিবর্তন দেয়।

৪-২। ডাইভারটার পোল জেনারেটর (Diverter-Pole Generator)

ডাইভারটার পোল জেনারেটর প্রায়শঃ একটি বিশেষ ধরনের কম্পাউন্ড জেনারেটর। সারা পোল পোলার দ্বারা ২২পন্ন চক্র বেগ প্রবাহের একটি অংশকে একটি আলদি এর দ্বারা ক্ষরণ বেগাকারে (Lured flux) তরোকে পাঠানো হইয়া চাটো আবার তড়িৎ চাপের অন্যতম বলা হয়। এই মের্সনের যে বিশেষতা পাওয়া যায়, তাহা মোটরজ ব্যাটারী চাট ব্যবহার সঙ্গে একটি সাধারণ কম্পাউন্ড জেনারেটরের বিশেষত্ব অপেক্ষা অনেক বেশী উপস্থিতি। জেনারেটরের লোডশুল্ক অবস্থা ১৭(ক)নং চিত্রে আব পলা লোডশুল্ক চলাব অবস্থা ১৭(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। চিত্র ১৭টি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, দুই প্রধান পোলের ঠিক মধ্যস্থলে ৫ দ্বারা চিহ্নিত অপেক্ষিত ক্ষুদ্র আকারের দুই ডাইভারটার পোল অবস্থিত আছে, আর প্রত্যেকটি ডাইভারটার পোল ৫ দ্বারা চিহ্নিত একটি চুম্বকীয় সেতুব (magnetic bridge) সাহায্যে এক একটি প্রধান পোলের সহিত যুক্ত। এই সেতুব মধ্য দিয়াই চুম্বক বেগপ্রবাহের কিছু অংশ ক্ষরণ বেগাকারে ইলেক্ট্রিক ফিফিয়া যায়, তাহা ইহা আমেচারের 'চুম্বকীয় শাট' (magnetic shunt) হিসাবে কাজ করে। প্রত্যেকটি সেতুব মধ্যে লম্বালম্বিভাবে বিস্তৃত একটি কবিতা খাঁজ কাটা থাকে (চিত্রে খাঁজ ৫ দ্বারা চিহ্নিত) যাহাতে থাকে নিকট সেতুব প্রক্ষেপিত কমিয়া যায় এবং তাহা অত্যন্ত অংশ অপেক্ষা তাড়াতাড়ি সম্পৃক্ত হইয়া ওঠে। ডাইভারটার পোলের গায়ে জড়ানো চুম্বকীয় কবেল আমেচারের সহিত সিজিজে এমনভাবে সংযুক্ত থাকে যাহাতে এই পোলের মেরুস্থ উহার সহিত যুক্ত প্রধান পোলের মেরুস্থের অল্পরূপ হয়।

মেনিন যখন লোডশুল্ক অবস্থায় থাকে, তখন ডাইভারটার পোলে কোন উত্তেজন থাকে না। এই সময় পূরান পোল যে চুম্বক বলবৎ উৎপন্ন করে তাহাব বেশ কিছুটা



৬৬৩ রচাব পো জেনা বা ১

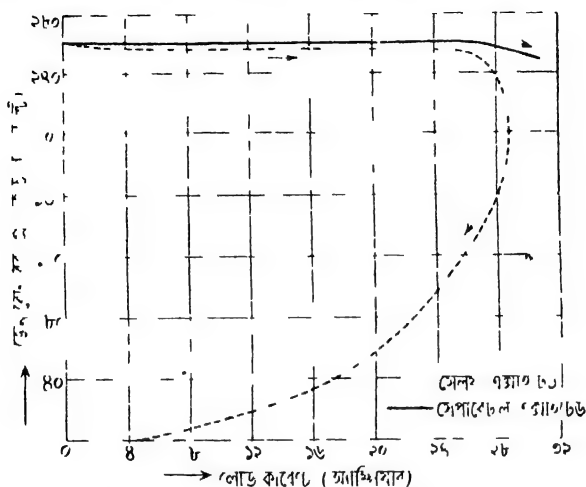
৬৭২ চি

অংশ ১৭৪ ১ সেতুব মর্যাদি। ইত্যাকের দিকে চলিয়া যায়। কতটা অংশ এইভাবে চলিয়া যাউবে তাহ নিশ্চয় করে নেওয়া যে অংশ ষাঁজ বাট আছে সেই অংশের সমাপ্তি করবে। সেতু ১ মর্যাদা ষাঁজ থাকাতো পূরান পোলব সম্মুখাগে চুম্বকীয় বিভব (magnetic potential) গ্রহণচাবের তুলনায় অনেক বেশী হা হলে সেতু হইতেও বর্তমানক বলবে। আমেচাবে পবেশ করে।

জেনাবেটার যখন পূরান লোডে চলে তখন চুম্বক বেগাপবাহের অবস্থান বিদগ্ধ হয় তাহা ৬৭(১)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই সময় ডাইভারটার পোল উত্তেজন পায়। তাহ লোডশুল্ক অবস্থায় বেগাপবাহে যে অংশ এই পোলের মধ্য দিয়া ইত্যাকের দিকে যায় পূরান লোড ডাইভারটার পোল উত্তেজিত হয়। সেই ক্ষেত্রে বেগাপবাহের মেরু নীচের দিক চুম্বকীয় সেতুব মর্যাদা দিয়া আমেচাবে পারাইয়া দেয়, অর্থাৎ ডাইভারটার পোলের চ্যাম্পিয়ান টার্ন (champion turns of the diverter poles) এমনভাবে কাজ করে যাহাতে সেতুব চুম্বকীয় বিভব আমেচাবে চুম্বকীয় বিভব অপেক্ষা অনেক বেশী শক্তিশালী হইয়া পড়ে, ফলে লোডশুল্ক অবস্থায় আমেচাবে যে পরিমাণ বলবে প্রবেশ করে, পূরান লোড প্রবেশ করে তাহা অপেক্ষা অনেক বেশী। সেতুজন্ত লোড বৃদ্ধি পাইলে আমেচাবে আবিষ্ট তড়িৎ চাপের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়, আন তাহা জেনাবেটারে প্রান্তিক চাপকে প্রায় অপরিবর্তিত রাখে।

ডাইভারটার-পোল জেনাবেটার সেলফ-এক্সাইটেড হইতে পারে, আবার সেপাৰেটাল এক্সাইটেডও হইতে পারে। এই মেনিনের বাহিবের বিশিষ্টতা-বেখা ৬৮নং চিত্রে

দেখানো হইয়াছে। ইহা প্রধানতঃ সোভেজ ব্যাটারি চার্জ কবিরার জন্য ব্যবহার করা হয়। লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে যখন মাট জেনারেটরের প্রান্তিক চাপ কমিতে আরম্ভ কবে, অব ফ্লাট-কম্পাউন্ড জেনারেটরের প্রান্তিক চাপ যখন প্রথম দিকে অল্প পরিমাণে বৃদ্ধি পাইয়া পবে আবার তাহা কমিয়া নির্ধারিত মানে আসিয়া পৌছায়, তখন ডাইভারটার পোল জেনারেটরের প্রান্তিক চাপ পাল কমিয়াই অপরিবর্তিত থাকে। তাহ ব্যাটারি চার্জ কবিরার সঙ্গে এই সোভেজ জেনারেটরটি সমাপেক্ষা অধিক



সোল্ড গ্যালাভা ও সোপারচোল্ড গ্যালাভার বিশিষ্টতা-রূপ
৬৮ন চিত্র

উপযোগী বলিয়া বিবেচিত হয়। প্রধান পোলের তুলনায় ডাইভারটার পোলের আকৃতি এত ক্ষুদ্র হয় যে, তাহা ও এর ওয় পাঁচশালী ইয়া চমক গোলাপ্রবাহকে নিপবীতমুখী করিবে, এইরূপ সম্ভাবনা বড়ই দেখা দয় না। তাহা ছাড়া আকৃতি ক্ষুদ্র হওয়ায় ইহা সহজেই সংপৃক্ত হয়। গঠে, সেই কারণে এই পোল সরাসরি আর্মেচারে অধিক সংখ্যক চমক-বোলা পাঠাইতে পারে না। আর আর্মেচারে আবিষ্ট ভাঁড় চাপের উপর ইহার প্রভাবও খুব সামান্যই থাকে। এর ঠিক উদাহরীন অক্ষে ব্রাশ-অ্যাক্সিসের উপর অবস্থি থাকে বলগা ডাইভারটার পোল যে অল্প সংখ্যক চমক বলাইয়া আর্মেচারেব দিকে পাঠায়, তাহা মের্সিনের কম্যুটেমের সঙ্গে সহায়ক হয়, তাই এই পোল কম্যুটেটিং পোল হিসাবেও কাজ করিতে পারে।

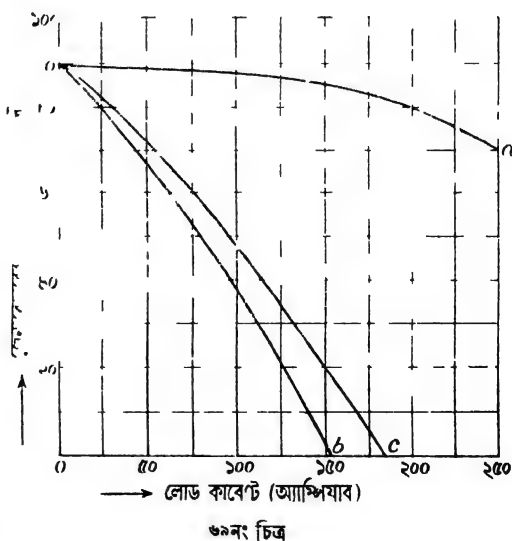
৪-৩। বৈদ্যুতিক ওয়েল্ডিং জেনারেটর (Electric-Welding Generator)

অ্যানোড (anode) আর ক্যাথোডেব (cathode) মধ্যে আয়নের (ions) প্রবাহ অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া অম্ববর্তী ভাঁড়-প্রবাহের দ্বারা যত সহজে বৈদ্যুতিক আর্ক

(electric arc) উৎপন্ন করা যায়, আর সেই আর্কে যত সহজে স্থির অবস্থায় বাণা চলে, পবিত্রতী তড়িৎ-প্রবাহেব দ্বারা তাহা পাবা যায় না। তাই নানা ধরনের ওয়েল্ডিং যন্ত্রে ডি সি জেনারেটোরের ব্যবহারই অধিকতর উপযোগী বলিয়া নির্দেশিত হয়। তবে বৈদ্যুতিক আর্ক উৎপন্ন কবিরাব সময় যে-সকল বিশেষ ধরনের অবস্থায় সম্মুখীন হইতে হয়, এহ সকল জেনারেটোরের বিশিষ্টতা তাহার উপর হওয়া চাই। ওয়েল্ডিং কবিরাব সময় জেনারেটোরের অবস্থা খুব দ্রুত পরিবর্তিত হইতে থাকে। আর্ক উৎপন্ন হওয়ার পরে জেনারেটোর থাকে খোলা (open-circuit) অবস্থায়, কিন্তু আর্ক উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে উহা শর্ট-সার্কিটেব (short circuit) অবস্থায় চলিয়া আসে। তাহা ছাড়া আর্ক বাহাতে দ্রুতভাবে থাকিতে পারে, জেনারেটোরের ওল্ট-চাপ আর ওল্ট প্রবাহ স্বেচ্ছাকৃত হওয়াও প্রয়োজন। কিন্তু যতই সময় গ্রহণিত হইতে থাকে, তাকে দৈন্য আর শেও সঙ্গে ওল্ট-চাপ ও ওল্ট-প্রবাহের পরিমাণ হ্রাস পাইতে হয়, যখন জেনারেটোর ও যন্ত্রে অস্থায়ী অবস্থায় পড়ায় তাহা দ্রুত দাবয়্য চলে।

ওয়েল্ডিং যন্ত্রে ওল্ট দ্রুত পরিবর্তন সাধিত জেনারেটোর ব্যবহার করা হয়, এবং পোস্টেজের সামান্য পরিবর্তন দ্বারা ওল্ট প্রবাহ ওয়েল্ডিং যন্ত্রে পরিবর্তিত হইতে পারে। ওল্ট চাপের ওল্ট দ্রুত জেনারেটোরের যে বিশিষ্টতা বলা হয় তাহা হইয়াছে, তাহা লক্ষ্য করিতে হইবে। জেনারেটোরের বিশিষ্টতা বলা যখন O_b কিংবা O_c বেলায়

অনুকূপ হয় (৬০নং চিত্র), তখন অবস্থা ওল্ট ওয়েল্ডিং যন্ত্রে কাজের পক্ষে উপযোগী হইয়া ওল্ট, কারণ এই প্রকার বিশিষ্টতায় তড়িৎ-চাপের যথেষ্ট পরিবর্তন দিতে হইবে তড়িৎ-প্রবাহেব পরিবর্তন ঘটে অতি সামান্যই। কিন্তু এই বিশিষ্টতা পাওয়া যায় কেবলমাত্র মেনিনকে স্থায়ী অবস্থায় পরিচালনা কবিলে। অথচ কার্যক্ষেত্রে দেখা যায় যে, বৈদ্যুতিক আর্ক নিজে অস্থায়ী অবস্থায় থাকে বলিয়া জেনারেটোরও স্থায়ী অবস্থায় পরিচালিত হইতে পারে না।



ওয়েল্ডি কবিরাব সময় যে-সকল কারণে জেনারেটরে অস্থায়ীভাবে দেখা দেয়, আর যে সকল উপায় অবলম্বন করিয়া উত্থাকে স্থায়ী অবস্থায় আনিবার চেষ্টা চলে, তাহা এখন সংক্ষেপে বলা হইতেছে :

ওয়েল্ডি কবিরাব সময় যখন বৈজ্ঞানিক আর উৎপন্ন হয়, তখন জেনারেটরে পৰা লোড পড়ে, আবার আর অন্তর্হিত হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে উহা লোডশূন্য অবস্থায় চলিয়া আসে। লোড এইভাবে পরিবর্তিত হওয়ার জন্য ফাউন্ট চুম্বক বোধাপ্রবাহ পরিবর্তিত হয়, আর সেই পরিবর্তন বা ত-সার্কিটে ও লোহার অংশ এমন এক বিকল্প তড়িৎ চাপ উৎপন্ন করে যাহা লেন্সের নিয়ম (Lenz's Law) অনুসারে বোধাপ্রবাহের পরিবর্তনকেই বাধা দিতে থাকে। বেশ নোড পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে চুম্বক বোধ পরিবর্তন ঘটে না, এই পরিবর্তন কিছ সময় পরে ঘটে, আর ও ক্ষণে জেনারেটরও স্থায়ী অবস্থায় থাকিয়া যায়।

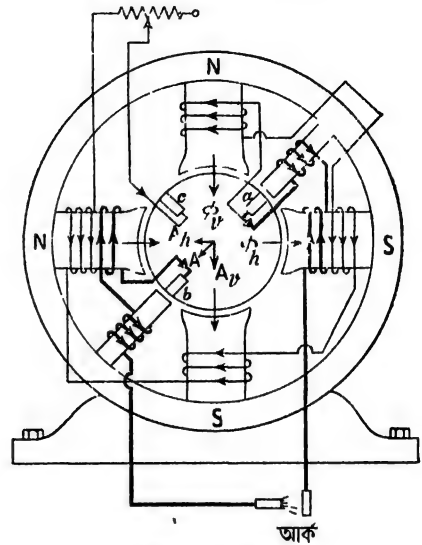
লোড যখন বাড়ি যাত্রাচারে তড়িৎবাহীও সেই সঙ্গে চুম্বক পাণ্ডা তাহা চুম্বক ক্ষেত্রে বোধার্থকে পরিবর্তিত করে। কিন্তু লোড যদি হঠাৎ চুম্বক পায়, তবে লোড সার্কিটে আঘাতের প্রতিফলন এই পদ্ধতি সঙ্গে সঙ্গে দেখা দেয় না, কিছুটা দেরীতে দেখা দেয়। সেই সময় তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন খটখটে তড়িৎ চাপ প্রবাহের মানের থাকিয়া যায়, ফলে জেনারেটরও স্থায়ীভাবে চালাইয়া আনিতে শীঘ্র হয়।

ফীড-বাকিটের যে যে অংশ লোহার ইম্পান্ডেন্স দ্বারা তৈরী, ওয়েল্ডি জেনারেটরের সেই সকল অংশ ল্যামিনেট (Laminated) করিয়া অর্থাৎ সেই সকল অংশ ইনডাক্টর কবা পাতলা পাতলা ইম্পান্ডেন্স চাদর দিয়া তৈরী করিয়া, উপরি উক্ত অন্তর্বিধাগুলি প্রাথমিকভাবে দূর করা যায়। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই একটি আবশ্যক বা ইনডাক্ট্যান্স (inductance) বা বিয়াক্টর (reactor) লাগানোর সহিত মিথিলে সংযুক্ত করা থাকে। ইহাতে লোড পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে তড়িৎ প্রবাহ কম-বেশী হইতে আবশ্যক করে, তখন তড়িৎ-চুম্বকীয় আবশ্যের দ্বারা ইনডাক্ট্যান্সে এক বিকল্প তড়িচ্চালক বল উৎপন্ন হয় এবং তাহা তড়িৎ-প্রবাহের এই পরিবর্তনকে বাধা দেয়। ফলে তড়িৎ প্রবাহ আর খুব বেশী পরিবর্তিত হইতে পারে না, এবং জেনারেটরও উৎসব স্থায়ী অবস্থায় কাছাকাছি থাকিয়া যায়।

চুম্বক ক্ষেত্রের বলবেধা পরিবর্তিত হওয়ার সময় ফীড কার্বেটে যে অস্থায়ীভাবে দেখা দেয়, তাহা দূর কবিরাব জন্য অনেক সময় লাইনের সহিত মিথিলে সংযুক্ত ইনডাক্ট্যান্সের কুণ্ডলিক প্রাইমারি (primary coil) হিসাবে ব্যবহার করিয়া আলাদা আর একটি কুণ্ডলিকে উৎসব সেকেন্ডারি (secondary coil) হিসাবে ব্যবহার করা হয়। এই সেকেন্ডারি কয়েলটি চুম্বক-ক্ষেত্রে এমনভাবে সংযুক্ত থাকে যাহাতে বলবেধা পরিবর্তিত হওয়ার জন্য ইহাতে যে অভিমুখে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, ফীড-কয়েলে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয় তাহার ঠিক বিপরীত অভিমুখে। ফলে একটির প্রভাব অণুটির দ্বারা বিনষ্ট হয়, আর জেনারেটরও স্থায়ী অবস্থায় চলিবার পক্ষে যথেষ্ট সহায়তা পায়।

স্থায়ী এবং অস্থায়ী, উভয় অবস্থাতেই যাহাতে প্রয়োজনীয় বিশিষ্টতা পাওয়া যায়, সেই উদ্দেশ্যে নানা ধরনের ওয়েল্ডিং জেনারেটর ব্যবহারিক ক্ষেত্রে চালু আছে। আমেরিকার জেনারেল ইলেকট্রিক কোম্পানি কর্তৃক প্রস্তুত এইরূপ একটি জেনারেটরের বর্ণনা নিয়ে দেওয়া হইল (A Course in Electrical Engineering By C. L. Dawes বইটির সাহায্য লইয়া লিখিত)। এই মেনিন এমনভাবে নির্মাণ করা হয় যে, আর্ককে স্থায়ী করিবার জন্য ইহাতে কোন ইন্ডাক্ট্যান্স বা রিঅাক্টর ব্যবহার করিবার প্রয়োজন হয় না। ৭০নং চিত্রে এইরূপ একটি জেনারেটরের বিভিন্ন অংশ ও তাহাদের পরস্পরের মধ্যে সংযোগ দেখানো হইয়াছে।

মেনিনে যদিও চারিটি প্রধান পোল আছে, কিন্তু পাশাপাশি অবস্থিত দুইটি দুইটি পোলের মেরুত্ব একই হওয়াতে ইহাকে একটি দুই-পোল বিশিষ্ট জেনারেটর হিসাবে গণ্য করা যায়। প্রত্যেকটি প্রধান পোল দুই অংশে বিভক্ত—একটি অক্ষাংশিক (horizontal) অংশ, আর অন্যটি উল্লম্ব (vertical) অংশ। তাহা, ছাড়া জ্যামিতিক উদাসীন অক্ষে (a ও b -দ্বারা চিহ্নিত) দুইটি ব্রাশ এবং দুইটি কম্যুটেটিং পোলও অবস্থিত আছে। এখন, ওয়েল্ডিং করিবার সময় জেনারেটরের বিভিন্ন অংশে যে ধরনের প্রতিক্রিয়ার সৃষ্টি হয়, তাহা নিয়ে সংক্ষেপে বলা হইতেছে :



ওয়েল্ডিং জেনারেটর
৭০নং চিত্র

চুম্বকীয় মেরু দুই অংশে অবস্থিত থাকাতে উহাদের দ্বারা উৎপন্ন চুম্বক রেখাও ঐ দুই অভিমুখেই অবস্থান করে। এখন মনে কর, চুম্বক রেখাপ্রবাহের উল্লম্ব অংশ ϕ_v -দ্বারা আর অক্ষাংশিক অংশ ϕ_h -দ্বারা চিহ্নিত করা হইল। আর্মেচারের চুম্বকীয় বিভব (m.m.f.) ব্রাশের অক্ষরেখা বরাবর অবস্থিত থাকে। এই বিভবকে যদি ফীল্ডের রেখাপ্রবাহের তায় দুই অংশে বিভক্ত করা যায় তবে দেখা যাইবে যে, A_h -দ্বারা চিহ্নিত অক্ষাংশিক অংশ ϕ_h -এর ঠিক বিপরীত দিকে, আর A_v -দ্বারা চিহ্নিত উল্লম্ব অংশ ϕ_v -এর সহিত একই দিকে কাজ করিতেছে। অতএব মেনিন লোডসহ চলিবার সময় আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া ϕ_h -কে কমাইয়া দেয়, আর একই সঙ্গে ϕ_v -কে বৃদ্ধি করে। তবে চুম্বকীয় মেরুর উল্লম্ব অংশ সহজে সংপৃক্ত হয় না বলিয়া ϕ_v -এর সহিত A_v আসিয়া যোগ দেওয়াতে চুম্বক-ক্ষেত্রে খুব সামান্য পরিবর্তনই দেখা দেয়।

প্রধান চারিটি পোলের গায়ে যে চারিটি সাণ্ট কয়েল জড়ানো হয় তাহার পয়স্পারের সহিত সিরিজ সংযুক্ত থাকে, আর তাহাদের খোলা প্রান্তদ্বয়ের একটি a ব্রাশের সহিত এবং অন্যটি দুই প্রধান উত্তর মেরুর মাঝামাঝি অবস্থিত একটি তৃতীয় ব্রাশ c -এর সহিত যুক্ত থাকে। ফলে মেসিনটি একটি তৃতীয়-ব্রাশ যুক্ত জেনারেটর হিসাবে কাজ করে, এবং উত্তর মেরুর অধীনে অবস্থিত সিরিজ সংযুক্ত পরিবাহীসমূহে যে তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন হয়, তাহাই ফীল্ড-কয়েল দিয়া কাবেন্ট পাঠায়। লোডের পরিমাণ যাহাই হউক না কেন, যেহেতু ϕ , সকল অবস্থাতেই প্রায় অপরিবর্তিত থাকে, অতএব ওয়েল্ডিং করিবার সময় সাণ্ট ফীল্ডের এই তড়িৎ-চাপ আর তড়িৎ প্রবাহে বিশেষ কোন পরিবর্তন দেখা দেয় না।

প্রধান অম্লভূমিক পোল দুইটি খুব সহজেই সংযুক্ত হয়। তাই লোড যখন বৃদ্ধি পায়, তখন আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার A_h অংশ বিপরীতমুখী হওয়াতে ϕ_h -কে উল্লেখযোগ্য পরিমাণে কমাওয়া দেয়, এমনকি কখন কখন ইহা ϕ_h অপেক্ষা অধিকতর শক্তিশালী হইয়াও ওঠে। এখন, জেনারেটরের প্রান্তিক চাপ a এবং b ব্রাশ দুইটির মধ্যে অবস্থিত পরিবাহীসমূহের সমবেত তড়িৎ-চাপের সমান বলিয়া ϕ_h ও ϕ_c -এর যোগফলের সমানুপাতি। কিন্তু ϕ , প্রায় অপরিবর্তিত থাকিলেও লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে ϕ_h কমিতে আরম্ভ করে, ফলে জেনারেটরের প্রান্তিক চাপ যে দুইটি অংশ লইয়া গঠিত তাহার একটি অংশ যদিও সর্বদাই প্রায় উহার নির্ধারিত মান বজায় রাখিয়া চলে, কিন্তু আর একটি অংশ লোড যত বৃদ্ধি পায় ততই কমিতে থাকে। চুম্বক-ক্ষেত্রে আর তড়িৎ-চাপে এইরূপ প্রতিক্রিয়া দেখা দেওয়ার জন্য জেনারেটরের বিশিষ্টতা-রেখা তখন ৬৯নং চিত্রে প্রদর্শিত ob অথবা oc রেখার অনুরূপ হয়।

প্রধান উল্লম্ব পোলের গায়ে যে কুণ্ডলি (coil) জড়ানো থাকে, তাহা পোলের ক্ষরণ রেখাসমূহের সহিত একত্রিত হইয়া ফীল্ড-সার্কিটে ইন্ডাক্ট্যান্স উৎপন্ন করে। ইন্ডাক্ট্যান্স আর্মেচার-সার্কিটেও উৎপন্ন হয়। আর্মেচারের চুম্বক যে ক্ষরণ রেখাসমূহ উৎপন্ন করে, তাহাদের দ্বারাই ঐ ইন্ডাক্ট্যান্স সৃষ্ট হইয়া থাকে। ওয়েল্ডিংয়ের কাজ চলিবার সময় বৈদ্যুতিক আর্ককে স্থায়ী করিবার পক্ষে ফীল্ড ও আর্মেচারের এই দুই ইন্ডাক্ট্যান্সই যথেষ্ট বলিয়া বিবেচিত হয়, তাই আলাদাভাবে আর কোন ইন্ডাক্টিভ কয়েল ফীল্ড-সার্কিটে লাগাইবার প্রয়োজন দেখা দেয় না।

জেনারেটরের বিশিষ্টতা-রেখা ob রেখার ঞায় হইবে কিংবা oc রেখার ঞায় হইবে, তাহা অনেকাংশে নির্ভর করে চুম্বকীয় মেরুগুলির সিরিজ কয়েলের ক্ষমতার উপর। প্রত্যেকটি প্রধান পোলের গায়ে সাণ্ট কয়েল ছাড়াও একটি করিয়া সিরিজ কয়েল জড়ানো থাকে। এই সিরিজ ফীল্ড সর্বদাই সাণ্ট ফীল্ডকে বাধা দেয়, আর সেইজন্য মেসিনটি একটি ডিফারেন্শাল কম্পাউণ্ড জেনারেটর হিসাবে কাজ করে। সাণ্ট ফীল্ডের চুম্বকীয় বিভব অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া লোড বৃদ্ধি পাইলে সিরিজ ফীল্ডের চুম্বকীয় বিভব যতটা বৃদ্ধি পায়, মেসিনের প্রান্তিক ভোল্টেজও ঠিক ততটাই

কমিয়া যায়। মেশিনের কম্বুটেটং পোলগুলিও এই সিরিজ কয়েলের সাহায্যেই তাহাদের উত্তেজন পাইয়া থাকে।

ডি. সি. জেনারেটোরের তড়িৎ-চাপ নিয়ন্ত্রণ (Voltage Regulation of D. C. Generators)

৪-৪। ডি. সি. জেনারেটোরের ভোল্টেজ রেগুলেশন

ডি. সি. জেনারেটোরের প্রকৃতিগত বিশেষত্ব এই যে, মেশিনে যত লোড পড়ে, উহার প্রান্তিক চাপ (terminal voltage) ততই কম হইতে থাকে। লোডশূন্য অবস্থায় জেনারেটোরের দুই প্রান্তের মধ্যে যে পরিমাণ তড়িৎ-চাপ পাওয়া যায়, লোড দেওয়ার পরে আর্মচারের রোধ, আর্মচারের প্রতিক্রিয়া প্রভৃতির জন্য সেই তড়িৎ-চাপ অনেকখানি কমিয়া যায়। কোন জেনারেটোরের লোডশূন্য অবস্থার প্রান্তিক চাপ উহার পূর্বা লোডযুক্ত অবস্থার প্রান্তিক চাপের অন্তর্গতে যত ভাগ বেশী হয়, তাহাকে সেই জেনারেটোরের “ভোল্টেজ রেগুলেশন” বলা হইয়া থাকে। অবশ্য লোডশূন্য অবস্থা হইতে পূর্বা লোড দেওয়া পর্যন্ত জেনারেটোরের গতিবেগ আর ফীল্ড-সার্কিটের তড়িৎ-প্রবাহ অপরিবর্তিত থাকা চাই।

মনে কর, পূর্বা লোডসহ চলিবার সময় কোন জেনারেটোরের প্রান্তিক চাপ V -ভোল্ট থাকে, আর সেই লোড অপসারণ করিলে প্রান্তিক চাপ বৃদ্ধি পাইয়া V_0 -ভোল্টে দাঁড়ায়। এই অবস্থায় জেনারেটোরের

$$\text{ভোল্টেজ রেগুলেশন} = \frac{V_0 - V}{V} \text{ হইবে,}$$

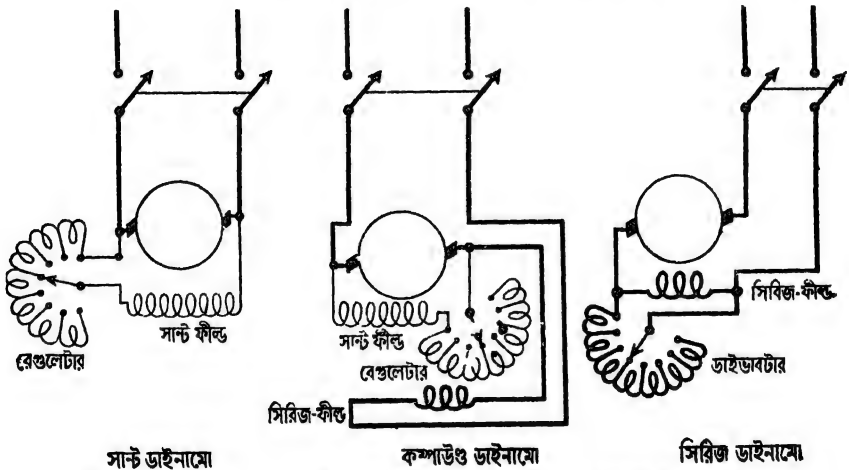
$$\text{এবং \% ভোল্টেজ রেগুলেশন} = \frac{V_0 - V}{V} \times 100 \text{ হইবে।}$$

ভোল্টেজ রেগুলেশন সাধারণতঃ শতকরা হিসাবেই প্রকাশ করা হয়। এই শতকরা মান যত কম হয়, জেনারেটোরের ভোল্টেজ রেগুলেশন ততই উত্তম বলিয়া বিবেচিত হইয়া থাকে।

সুষ্ঠুভাবে লোড পরিচালনা করিতে হইলে লোডের সকল অবস্থাতেই কিন্তু লাইন-ভোল্টেজ সমান থাকা প্রয়োজন। বর্তনীতে লোডসমূহ প্যার্যাললে সংযুক্ত থাকে বলিয়া লোডের পরিমাণ একটি বাতি বা একটি পাখাই হউক, কিংবা সব কয়টি বাতি, পাখা আর মোটর একত্রেই হউক, তাহাদের পরিচালনা করিতে একই পরিমাণ তড়িৎ-চাপের প্রয়োজন হয়। তাই লোড পরিবর্তিত হইলেও প্রান্তিক চাপ যাহাতে সমান রাখা যায়, প্রত্যেক মেশিনেই তাহার কোনও না কোন প্রকার বন্দোবস্ত করা থাকে। ডি. সি. জেনারেটোরের ক্ষেত্রে ইঞ্জিনের গতিবেগ বৃদ্ধি করিলে অথবা কমাইলে এই উদ্দেশ্য সিদ্ধ হইতে পারে বটে, তবে এই উপায় প্রায়ই অবলম্বন করা হয় না। ইহার দ্বারা সামান্য কিছু ভোল্টেজের পরিবর্তন কখন কখন করা হইলেও এই কাজ প্রধানতঃ

পোলের চুম্বকক্ষেত্র প্রথরতা কম বা বেশী করিয়াই করা হইয়া থাকে। যে যন্ত্রের সাহায্যে ইহা করা হয় তাহাকে “ফীল্ড-রেগুলেটর” বা “ভোল্টেজ রেগুলেটর” বলে। জেনারেটর তৈরী করিবার সময় এমনভাবে ফীল্ড-কয়েলের পরিকল্পনা করা হয় বাহাতে বেগুলেটর তাহার সহিত লাগানো থাকা সত্ত্বেও উপযুক্ত বেগে চলিবার সময় ডাইনামো উপযুক্ত তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করিতে পারে।

রেগুলেটর কম-বেশী করা যায় এইরূপ একটি রেজিস্ট্যান্স। সান্ট এবং কম্পাউণ্ড জেনারেটরের ফীল্ড-সারকিটে ইহা ফীল্ড-কয়েলের সহিত সিরিজে লাগানো থাকে, আর সিরিজ জেনারেটরের ফীল্ড-সারকিটে ইহা ফীল্ড-কয়েলের সহিত প্যার্যাললে সংযুক্ত থাকে। প্রথম অবস্থায় ইহাকে “রেগুলেটর” আর দ্বিতীয় অবস্থায় ইহাকে “ডাইভারটার” বলা হয় (এই বিষয়ে পূর্ব পরিচ্ছেদেও আলোচনা করা হইয়াছে)। কম্পাউণ্ড জেনারেটরে অবশ্য অনেক সময় রেগুলেটর আর ডাইভারটার উভয়কেই একত্রে ব্যবহার করিতে দেখা যায়। রেগুলেটর ফীল্ড-সারকিটের সহিত সিরিজে লাগানো থাকে বলিয়া ইহার রোধ (resistance) খুব বেশী হওয়া দরকার। আর



সান্ট, কম্পাউণ্ড ও সিরিজ জেনারেটর রেগুলেটর এবং ডাইভারটার সংযোগ করিবার পদ্ধতি

৭১নং চিত্র

সেইজন্য ইহা কম-বেশী করিলে ফীল্ড-সারকিট দিয়া বেশী বা কম তড়িৎ প্রবাহিত হয়। কিন্তু সিরিজ ফীল্ডের তড়িৎ-প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করিতে হইলে রেজিস্ট্যান্সকে ফীল্ড-কয়েলের সহিত সিরিজে লাগানো চলে না, কারণ তাহাতে লাইনের কারেন্টও কম-বেশী হইতে থাকে। লাইনের কারেন্ট একভাবে থাকিবে অথচ সিরিজ ফীল্ডে তড়িৎ-প্রবাহ কখন কম আর কখন বেশী হইবে, এইরূপ বন্দোবস্ত থাকা চাই। ডাইভারটারকে সিরিজ ফীল্ডের সহিত প্যার্যাললে সংযুক্ত করিলে তবেই এই উদ্দেশ্য সিদ্ধ হয়। প্যার্যাললে সংযুক্ত থাকাকালে ডাইভারটারের রোধ যখন

কমে, তখন ফীল্ড-কারেন্টের কিছু অংশ উহার ভিতর দিয়া প্রবাহিত হয় ; ফলে ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ কমিয়া যায়, আর সেই সঙ্গে চুম্বকের প্রথরত্ব কম হয় বলিয়া আর্মেচারে অপেক্ষাকৃত কম তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। ডাইভারটারের রোধ বৃদ্ধি করিলে আবার সেই আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ বৃদ্ধি পায় ; কারণ তখন ফীল্ড-কয়েল দিয়া অপেক্ষাকৃত বেশী তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে, আর সেই সঙ্গে চুম্বকের প্রথরত্বও বাড়িয়া যায়। ৭১নং চিত্রে সান্ট ও কম্পাউণ্ড জেনারেটোরের সহিত রেগুলেটোরের, আর সিরিজ জেনারেটোরের সহিত ডাইভারটারের সংযোগ দেখানো হইয়াছে।

ফীল্ড-সারকিটের সঙ্গে সিরিজে আর প্যার্যাললে রেগুলেটার লাগানোর তফাৎ এই যে, সিরিজে লাগানো থাকিলে যখন রেগুলেটারের সমস্ত রোধ সারকিট হইতে বাদ দেওয়া হয়, তখনই ফীল্ড দিয়া পুরা কারেন্ট প্রবাহিত হইতে পারে ; তাই সেই সময় চুম্বকের প্রথরতা সর্বাপেক্ষা বেশী থাকে, আর আর্মেচারে সর্বাপেক্ষা অধিক তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। কিন্তু রেগুলেটার যখন প্যার্যাললে সংযুক্ত থাকে, তখন উহার সমস্ত রোধ সারকিটে সংযোগ করিলে তবেই ফীল্ড-কয়েল দিয়া সর্বাপেক্ষা বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হইতে পারে, আর কেবলমাত্র তখনই আর্মেচারে সর্বাপেক্ষা অধিক তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়।

কম্পাউণ্ড জেনারেটারে সচরাচর ডাইভারটার ব্যবহার করা হয় না, সান্ট জেনারেটারের ঠায় শুধু সান্ট ফীল্ডের সঙ্গেই সিরিজে রেগুলেটার সংযোগ করা থাকে।

৪-৫। স্বয়ংক্রিয় ভোল্টেজ রেগুলেটার (Automatic Voltage Regulator)

জেনারেটারের তড়িৎ-চাপ নিয়ন্ত্রণ করিবার কাজে ব্যবহৃত যে ধরনের রেগুলেটার বা ডাইভারটারের কথা এতক্ষণ বলি হইল, তাহারা হস্তচালিত হইতে পারে, আবার স্বয়ংক্রিয় যন্ত্রের দ্বারাও পরিচালিত হইতে পারে। হস্তচালিত হইলে মেশিন চলিবার সময় সর্বদা কোন ব্যক্তিকে ইহাদের পরিচালনা করিবার জন্ত উপস্থিত থাকিতে হয়। লোডের পরিবর্তন ঘটিলেই রেগুলেটারের রোধ কম বা বেশী করিবার প্রয়োজন দেখা দেয়। কিন্তু পরিচালক ব্যক্তি যদি সঠিক পরিমাণ রোধ কম বা বেশী করিতে সক্ষম না হয়, তবে লাইনের ভোল্টেজ সমান থাকিতে পারে না। তাহা ছাড়া পরিচালকের সামান্য ভুলের জন্ত অনেক সময় লাইন-ভোল্টেজ অধিক পরিমাণে বৃদ্ধি পাইতে বা কমিয়া যাইতেও পারে ; ইহাতে লোড-সারকিটের যথেষ্ট ক্ষতি হয়। বিশেষতঃ লোডের পরিমাণ যখন খুব দ্রুত পরিবর্তিত হইতে থাকে, তখন তাহার সঙ্গে সমান দ্রুতিতে রেগুলেটারের রোধ কম বা বেশী করার কাজ পরিচালকের আয়ত্তের মধ্যে না থাকিবার সম্ভাবনাই অধিক। এই সকল অসুবিধা দূর করিবার জন্ত আজকাল প্রায় সকল মেশিনেই ফীল্ড-রেগুলেটার স্বয়ংক্রিয় যন্ত্রের সাহায্যে পরিচালিত হয়। ইহাতে কোন পরিচালকের প্রয়োজন হয় না, আর লোডের পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে আপনা

*করিয়া এই তড়িৎ-চাপের পরিমাণ হ্রাস করে।

রেগুলেটার” (Tirrill Regulator)-এর ব্যবহারই অধিক প্রচলিত।

(ক) টিরিল রেগুলেটর (Tirrill Regulator)

৩৫ ভাগ কম হয়।

প্রাপ্ত সরাসরি লাইনের সহিত, আর অল্প কুণ্ডলন দুই প্রাপ্ত প্রধান কন্টাক্টদের



মাধ্যমে লাইনের সহিত যুক্ত আছে। রিলে কন্ট্যাক্ট কিছুক্ষণ পরে পরেই জেনারেটরের ফীল্ড-রেগুলেটরকে সর্ট-সারকিট করিয়া দেয়। নিয়ন্ত্রণকারী প্রধান চুষকের সাহায্যে প্রধান কন্ট্যাক্টরদের সংযোগ খোলা যায়, কিংবা প্রয়োজন হইলে বন্ধ করা যায়। একটি স্প্রিংয়ের সাহায্যে সাধারণতঃ এই কন্ট্যাক্ট দুইটি বন্ধ অবস্থায় থাকে।

এখন মনে কর, জেনারেটরের তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পাইতেছে। এই অবস্থায় নিয়ন্ত্রণকারী প্রধান চুষক উহার পোটেন্শাল কয়েলের (potential coil) সাহায্যে অধিকতর শক্তিশালী হইয়া উঠিবে এবং প্রধান কন্ট্যাক্টরদের সংযোগ খুলিয়া দিবে। ইহাতে লাইনের সহিত রিলে চুষকের একটি কুণ্ডলির সংযোগও একই সঙ্গে খুলিয়া যাইবে, আর দুইটি কুণ্ডলি যে এতক্ষণ পরস্পরের বিপরীতে কাজ করিতেছিল তাহার অবদান ঘটিবে। ফলে রিলে কন্ট্যাক্ট দুইটির সংযোগও এই সময় আকর্ষণের সাহায্যে খুলিয়া আদিবে, আর সেই সঙ্গে ফীল্ড-রেগুলেটরের সর্ট-সারকিট অবস্থা অপসারিত হইবে। তখন জেনারেটরের তড়িৎ-চাপ কমিয়া যাইবে।

জেনারেটরের তড়িৎ-চাপ যখন কমিতে আরম্ভ করে, তখন আবার রিলে সমূহের মধ্যে ইহার বিপরীত প্রতিক্রিয়া দেখা দেয়। প্রকৃতপক্ষে দুইটি রিলেই ক্রমাগত উভয় দিকে পরিচালিত হইতে থাকে বলিয়া জেনারেটরের তড়িৎ-চাপে খুব সামান্য পরিবর্তনই পরিলক্ষিত হয়। রিলে দুইটি খুব দ্রুত তালে স্পন্দিত হইতে থাকে, আর সেইজন্য এই রেগুলেটর “ভাইব্রেটিং টাইপ রেগুলেটর” (Vibrating Type Regulator) নামেও পরিচিত।

রিলে কন্ট্যাক্ট খুলিবার বা বন্ধ হইবার সময় যাহাতে স্ফুলিঙ্গ (spark) ছড়াইতে না পারে, সেইজন্য উহাদের সহিত প্যার্যাললে একটি কন্ডেন্সার (condenser) লাগানো থাকে। এই কন্ট্যাক্টের মধ্য দিয়া অতি সামান্য পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হইতে পারে বলিয়া অনেক সময় টিরিল রেগুলেটর প্রধান জেনারেটরের পরিবর্তে একটি অপেক্ষাকৃত ক্ষুদ্র এক্সাইটার জেনারেটরের (exciter generator) ফীল্ড-সারকিটে সংযুক্ত থাকে, আর সেই এক্সাইটারের মাধ্যমে রেগুলেটর আর্মচারের তড়িৎ-চাপ নিয়ন্ত্রণ করিয়া বাস-বারের (bus-bar) ভোল্টেজ সমান রাখে।

বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার সময় লাইনের পরিবাহীতে যে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি দেখা দেয়, তাহা পূরণ করিতে হইলে নিয়ন্ত্রণকারী প্রধান চুষকের গায়ে একটি কম্পিন্‌সেটিং ওয়াইণ্ডিং (compensating winding) জড়াইয়া তাহার সহিত প্যার্যাললে একটি কম্পিন্‌সেটিং রেজিস্ট্যান্স সংযোগ করিতে হয়। তখন লোড বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করিলে বাস-বারের ভোল্টেজও সেই অল্পপাতে ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায়, আর সেই বর্ধিত ভোল্টেজ লাইনের বর্ধিত ঘাটতি মিটাইয়া দিয়া লোডের টার্মিনালে তড়িৎ-চাপকে সমান রাখে।

প্রশ্নমালা

১। টিরিল ভোল্টেজ রেগুলেটর সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ।

২। তৃতীয়-ব্রাশ যুক্ত জেনারেটর কোন ধরনের কাজের পক্ষে উপযোগী? এই জেনারেটরের নির্মাণ-পদ্ধতি একটি চিত্র অঙ্কন করিয়া বুঝাও।

৩। ডি. সি. জেনারেটরের “ভোল্টেজ রেগুলেশন” বলিতে কি বুঝ? বিভিন্ন শ্রেণীর জেনারেটরে কি কি উপায়ে ভোল্টেজ রেগুলেশন করা হয়?

৪। স্টোরেজ ব্যাটারি চার্জ করিবার জন্য কোন ধরনের জেনারেটর তুমি সর্বাপেক্ষা অধিক উপযোগী বলিয়া বিবেচনা কর? চিত্র অঙ্কন করিয়া এই জেনারেটরের নির্মাণ-কৌশল ও কর্ম-পদ্ধতি বুঝাইয়া দাও।

৫। হস্তচালিত ভোল্টেজ রেগুলেটর অপেক্ষা স্বয়ংক্রিয় ভোল্টেজ রেগুলেটর অধিকতর উপযোগী বলিয়া বিবেচিত হয় কেন? ডি. সি. জেনারেটরের সহিত সচরাচর কোন ধরনের স্বয়ংক্রিয় ভোল্টেজ রেগুলেটর ব্যবহার করিতে দেখা যায়?

৬। ওয়েল্ডিং জেনারেটরের বিশিষ্টতা কি ধরনের হওয়া উচিত, তাহা রেখাচিত্র অঙ্কন করিয়া ব্যাখ্যা কর। এই জেনারেটরকে কোন শ্রেণীর ডাইনামো বলা চলে?

৭। একটি পরিষ্কার নক্সা অঙ্কন করিয়া টিরিল ভোল্টেজ রেগুলেটরের নির্মাণ-কৌশল ও কর্ম-পদ্ধতির বিবরণ দাও।

৮। চিত্র অঙ্কন করিয়া যে-কোন ধরনের একটি ওয়েল্ডিং জেনারেটর সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ।

৯। নিম্নলিখিত জেনারেটরসমূহের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও:—

(ক) সহায়ক-ব্রাশ যুক্ত জেনারেটর।

(খ) ডাইভারটার-পোল জেনারেটর।

পঞ্চম পত্রিচ্ছেদ

ডি. সি. জেনারেটরের সংযোগ ও পরিচালন

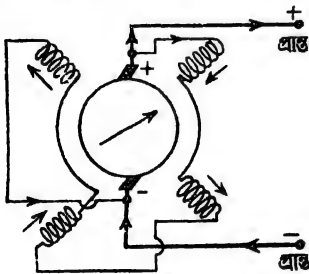
(Connections and Operations of D. C. Generators)

৫-১। ডি সি. মেশিনের ভিতরের সংযোগ (Internal Connections of D. C. Machines)

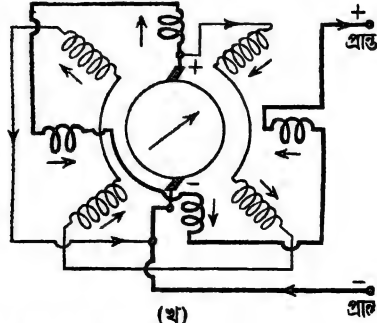
এই পরিচ্ছেদে মেশিনের ভিতরের সংযোগের কথা যাহা বলা হইতেছে, তাহা জেনারেটর আর মোটর, দুইয়েতেই প্রয়োগ করা চলে। সান্ট, সিরিজ আর কম্পাউণ্ড নামের উৎপত্তি সম্বন্ধে ব্যাখ্যা। কবিবাব সময় বলা হইয়াছে যে, মেশিন যে রকমেরই হউক না কেন, তাহাব ফীল্ড-কয়েলসমূহ পরস্পরের সঙ্গে সিরিজে লাগানো থাকে। কিন্তু সান্ট মেশিনে সেই ফীল্ড-কয়েলের সমষ্টি আর্গেচারের সঙ্গে পার্যাললেলে জোড়া থাকে, সিরিজ মেশিনে সিরিজে জোড়া থাকে—এই রকম। কয়েল বা কুণ্ডলিগুলি সিরিজে সংযোগ করিবার সময় কিন্তু ইহা লক্ষ্য রাখিতে হয় যে, যদি তড়িৎ-প্রবাহ প্রথম, তৃতীয়, পঞ্চম ইত্যাদি বিজোড় কুণ্ডলি দিয়া বামাবর্তে প্রবাহিত হয়, তবে দ্বিতীয়, চতুর্থ, ষষ্ঠ ইত্যাদি জোড় সংখ্যক কুণ্ডলি দিয়া ঐ প্রবাহ যেন দক্ষিণাবর্তে ঘোরে, কেননা ফীল্ড-পোলগুলিতে পর্যায়ক্রমে উত্তর, দক্ষিণ, উত্তর, দক্ষিণ,—এই রকম মেরুত্ব উৎপন্ন হওয়া প্রয়োজন। কিন্তু সেইজন্য জড়াইবাব সময় কুণ্ডলিগুলির একটিকে যে বাঁ পাকে আর অপরটিকে যে ডান পাকে জড়াইতে হইবে, তাহা নহে। যদি প্রত্যেক কুণ্ডলির উপরেব দিকটা উহার আরম্ভের দিক বলিয়া ধরা যায়, তবে একই রকমে জড়ানো কুণ্ডলির প্রথমটির নীচেব দিকের সহিত দ্বিতীয়টির নীচের দিক, দ্বিতীয়টির উপরের দিকের সহিত তৃতীয়টির উপরের দিক, আবার তৃতীয়টির নীচের দিকের সহিত চতুর্থটির নীচের দিক—এইভাবে সংযোগ করিয়া কারেন্ট দিলে কুণ্ডলিগুলি একটির পর একটি পর্যায়ক্রমে উত্তর ও দক্ষিণ মেরুত্ব উৎপাদন করিবে। একটি কম্পাস কাছে আনিলেই এই চমকত্ব বুঝা যাইবে।

(১) সান্ট মেশিনের ভিতরের সংযোগ

৭৩(ক)নং চিত্রে একটি সহায়ক পোলবিহীন আব ৭৩(খ)নং চিত্রে একটি সহায়ক পোলওয়ালা সান্ট মেশিনের ভিতরের সংযোগ দেখানো হইয়াছে। (ক) চিত্রে দেখা যাইবে যে,



(ক)



(খ)

সান্ট মেশিনের আর্গেচার ও ফীল্ড কয়েলের বিভিন্ন সংযোগ

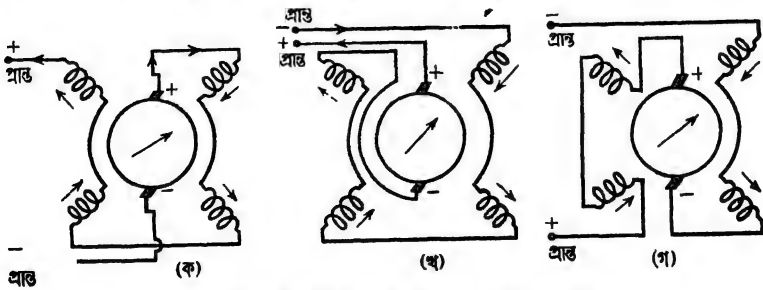
৭৩নং চিত্র

পজিটিভ ব্রাশ হইতে তড়িৎ-প্রবাহ দুইভাগে বিভক্ত হইয়া একভাগ লাইনে গিয়াছে (এই অংশে মোটা তার থাকে), আর অন্যভাগ একে একে সব কয়টি ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইয়া নেগেটিভ ব্রাশে লাইন-কারেন্টের সহিত একত্র হইয়াছে। অতএব আর্মচারের সহিত ফীল্ড সমান্তরালে (in parallel) আছে। এই অংশের তার অপেক্ষাকৃত সরু, তাই সাণ্ট মেসিনে ফীল্ড-কয়েলের তার চিনিয়া লওয়া খুবই সহজ।

মেসিন যে রকমেরই হউক না কেন, সহায়ক পোল (inter poles) সর্বদাই আর্মচারের সঙ্গে সিরিজে থাকে, আব তাহাদের মেক্সও প্রধান পোলের চ্যায় পর্যায়ক্রমে উত্তর ও দক্ষিণ হয়। এখন ৭৩(খ)নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, পজিটিভ ব্রাশ হইতে তড়িৎ-প্রবাহ দুইভাগে বিভক্ত হইয়া একভাগ সরু তার দিয়া একে একে সব প্রধান ফীল্ড-কয়েলগুলি ঘুরিয়া নেগেটিভ ব্রাশে আসিতেছে, আর অন্যভাগ মোটা তার দিয়া একে একে সব কয়টি সহায়ক পোলের কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইয়া পজিটিভ টার্মিনালের দিকে যাইতেছে এবং বাহির হইতে নেগেটিভ টার্মিনাল দিয়া ফিরিয়া আসিয়া ব্রাশে ফীল্ড-কারেন্টের সহিত একত্রিত হইতেছে। যেহেতু চুম্বকত্বের প্রধরতা ফীল্ড-কয়েলের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণের উপর নির্ভর করে, আর সেই অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ কুণ্ডলি দিয়া প্রবাহিত কাবেন্ট এবং উহার পাকের সংখ্যার গুণফলের সমান, অতএব সিবিজ মেসিনের এবং সহায়ক পোলের ফীল্ড-কয়েলে লাইন-কারেন্ট প্রবাহিত হয় বলিয়া কুণ্ডলির পাকের সংখ্যা কম থাকে, আর সাণ্ট মেসিনে এই পাকের সংখ্যা বেশী হয়।

(২) সিরিজ মেসিনের ভিতরের সংযোগ

সিরিজ মেসিনে ফীল্ড-কয়েলগুলি আর্মচারের সঙ্গে নানাভাবে সংযোগ করা যায়। এই সকল সংযোগ নিয়ে ৭৪নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। প্রথমে সব কয়টি ফীল্ড-কয়েল সিরিজে সংযুক্ত করিয়া তাহার সর্বশেষ প্রান্ত আর্মচারের (অর্থাৎ এক



সিরিজ মেসিনের আর্মচার ও ফীল্ড-কয়েলের বিভিন্ন সংযোগ
৭৪নং চিত্র

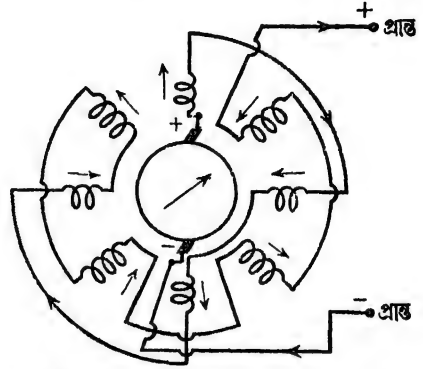
ব্রাশের) সঙ্গে সিরিজে লাগানো যাইতে পারে [৭৪(খ)নং চিত্র]; কিংবা প্রথমে আর্মচার এবং পরে ফীল্ড-কয়েলের সারি দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইয়া লাইনে যাইতে পারে [৭৪(ক)নং চিত্র]; কিংবা অর্ধেক সংখ্যক ফীল্ড-কয়েল সিরিজে সংযুক্ত করিয়া তাহার সঙ্গে আর্মচার, এবং আর্মচারের সঙ্গে আবার বাকী অর্ধেক সংখ্যক ফীল্ড-

কয়েলের সিরিজে সংযোগ [৭৪(গ)নং চিত্র]—এই রকম যে-কোন ব্যবস্থা, কার্যক্ষেত্রে দরকারমত করা যাইতে পারে।

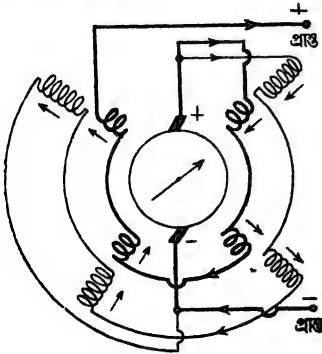
মেশিনের কোন্ পোলে কোন্ মেরুত্ব উৎপন্ন হইতেছে তাহা জানিতে হইলে, আর্মেচারকে ঘুরাইয়া দিয়া সেই গর্তে যেন নিজে প্রবেশ করিতেছি এইরূপ মনে করিয়া, দেখিতে হইবে কুণ্ডলি দিয়া তড়িৎ কোন্ দিকে প্রবাহিত হইতেছে। যদি তড়িৎ এমনভাবে প্রবাহিত হয় যে তাহা কুণ্ডলি দিয়া বামাবর্তে ঘোরে, তবে সেই পোল উত্তর মেরু হইবে; আর যদি তড়িৎ-প্রবাহ দক্ষিণাবর্তে ঘোরে, তবে সেই পোল দক্ষিণ মেরু হইবে। জেনারেটরের যে প্রান্ত দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ মেশিন হইতে বাহিরে বর্তনীতে যায় তাহাকে পজিটিভ টার্মিনাল, আর অগ্র প্রান্তটিকে নেগেটিভ টার্মিনাল হিসাবে ধরা হয়, কিন্তু মোটর বা অন্যান্য যন্ত্রপাতির ক্ষেত্রে যে প্রান্ত দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ বাহিরের লাইন হইতে মেশিনের ভিতরে প্রবেশ করে তাহাই পজিটিভ টার্মিনাল এবং অগ্র প্রান্তটি নেগেটিভ টার্মিনাল রূপে চিহ্নিত থাকে।

সিরিজ মেশিনে সহায়ক পোলের কয়েলগুলি প্রধান পোলের কয়েল-সমূহ এবং আর্মেচারের সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকে। এই সংযোগ ৭৫নং চিত্রে দেখানো হইল। কোন্ পোলের মেরুত্ব কিরূপ হওয়া উচিত সেই সম্বন্ধে দ্বিতীয় পরিচ্ছেদে বিস্তারিত আলোচনা করা হইয়াছে।

(৩) কম্পাউন্ড মেশিনের ভিতরের সংযোগ

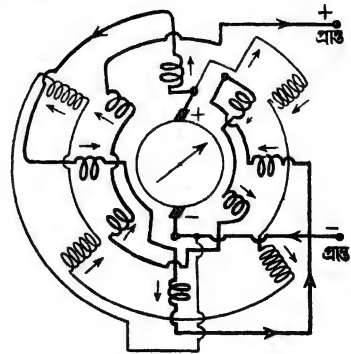


ইন্টারপোল বা সহায়ক পোলওয়ালা সিরিজ মেশিনের ভিতরের সংযোগ
৭৫নং চিত্র



(ক)

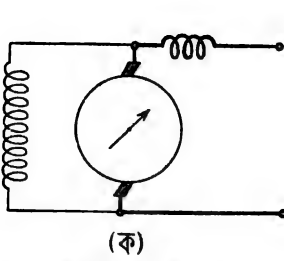
সহায়ক পোলবিহীন কম্পাউন্ড মেশিনের ভিতরের সংযোগ



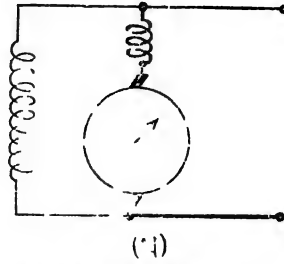
(খ)

সহায়ক পোলওয়ালা কম্পাউন্ড মেশিনের ভিতরের সংযোগ

৭৬নং চিত্রে কম্পাউণ্ড মেশিনের সংযোগের যে দুইটি ছবি দেওয়া হইয়াছে তাহার পরিচায়ক নম্বর নীচে ৭৭নং চিত্রে দেওয়া আছে। ঐ নম্বার সহিত মিলাইয়া সংযোগ বুঝিতে চেষ্টা করিলে তাহা সহজেই বুঝিতে পারা যাইবে।



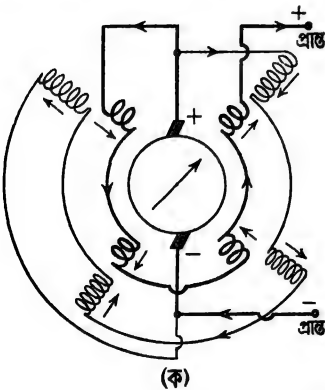
(ক) সর্ট-শাণ্ট কম্পাউণ্ড মেশিন



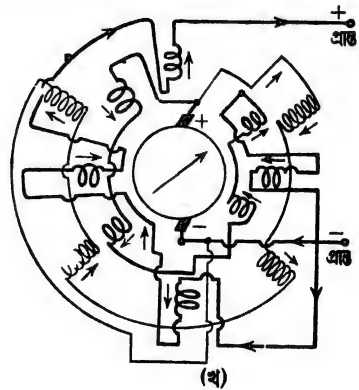
(খ) ল-শাণ্ট কম্পাউণ্ড মেশিন

৭৭নং চিত্র

কম্পাউণ্ড মেশিনে একই পোল-কোবের উপর শাণ্ট কয়েল আর সিবিজ কয়েল জড়ানো থাকে। স্ততবাং সিবিজ কয়েল দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের অভিমুখ অনুসারে (অর্থাৎ ঐ কয়েলগুলি সংযোগ করার বকম হিসাবে) ঐ কয়েলে উৎপন্ন চুম্বক শাণ্ট কয়েলে উৎপন্ন চুম্বককে আবণ্ড বাড়াইয়া তুলিতেও পাবে, আবার তাহার চুম্বককে কিছু হ্রাস করিতেও পারে। যে মেশিনে সিবিজ ফীল্ড আর শাণ্ট ফীল্ড পরস্পর পরস্পরকে সহায়তা কবে, তাহাকে ইংবাজিতে “কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মেশিন”, আর যাহাতে সিবিজ ফীল্ড শাণ্ট ফীল্ডের চুম্বকের বল হ্রাস কবে, তাহাকে “ডিকারেন্শ্যাল কম্পাউণ্ড মেশিন” বলে। ৭৬ ও ৭৭নং চিত্রে কম্পাউণ্ড মেশিনের যে সংযোগ দেখানো হইয়াছে



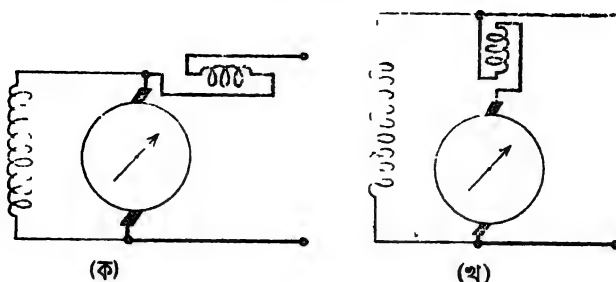
(ক)



(খ)

৭৮নং চিত্র

তাহা যদি কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মেশিনের সংযোগ হিসাবে ধরা যায়, তবে ডিকারেন্শ্যাল কম্পাউণ্ড মেশিনের সংযোগ ৭৮ ও ৭৯নং চিত্রে প্রদর্শিত সংযোগের অল্পরূপ হইবে।



৭২নং চিত্র

৫-২। ডি. সি. মেশিনে মেরুত্ব পরিবর্তন করার ফল (Effect of the Reversal of Polarity in D. C. Machines)

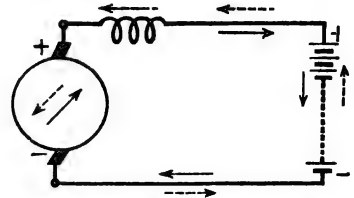
ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ বদল করিবার সঙ্গে সঙ্গে প্রত্যেক মেশিনের চুম্বকে উৎপন্ন মেরুত্বেরও পরিবর্তন ঘটে ; ফলে জেনারেটরের পজিটিভ টার্মিনাল নেগেটিভ টার্মিনাল হইয়া যায়। সর্বপ্রথমে মেশিন যখন অচল অবস্থায় থাকে, তখন চুম্বকত্বের অবশেষের (residual magnetism) দরুন চুম্বকে যে মেরুত্ব থাকিয়া যায়, সেই অনুসারেই ডাইনামোর টার্মিনাল নির্দিষ্ট হয়। এখন, যদি সিরিজ ডাইনামোর লাইনের রেজিস্ট্যান্স ক্রিটিক্যাল রেজিস্ট্যান্স অপেক্ষা কম, আর সাণ্ট ডাইনামোর লাইনের রেজিস্ট্যান্স ক্রিটিক্যাল রেজিস্ট্যান্স অপেক্ষা বেশী হয়, তবেই মেশিন চলিতে আরম্ভ করিলে উহার দ্বারা ভোল্টেজ উৎপন্ন হইতে পারে। অবশিষ্ট চুম্বকত্বের মেরুত্ব বদল করিলে লাইনে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ পরিবর্তিত হয়। ইহা করিতে গেলে প্রথমে বাহির হইতে কারেন্ট আনিয়া- ফীল্ড-কয়েল দিয়া এমনভাবে উল্টাদিকে পাঠাইতে হয় যাহাতে অবশিষ্ট চুম্বকত্ব নষ্ট হইয়া যায়। আরও কিছুক্ষণ এইভাবে চলিবার পরে মেশিনের চুম্বকত্ব স্থায়ীভাবে পরিবর্তিত হয়।

যদি জেনারেটরের সাহায্যে কেবলমাত্র বাতি জ্বালাইতে হয়, তবে তড়িৎ-প্রবাহ অভিমুখ পরিবর্তন করিলেও কিছু যায় আসে না। কিন্তু যদি সেই লাইন হইতে এমন কাজের জন্য বিদ্যুৎ সরবরাহ লইতে হয় যাহাতে কারেন্ট এক নির্দিষ্ট দিকে প্রবাহিত হওয়া প্রয়োজন, তবে সেই অবস্থায় যথেষ্টভাবে ডাইনামোর মেরুত্ব বদল করা চলে না। ডাইনামোর রকম-ভেদে এই মেরুত্ব বদলের ফলাফল তখন নিম্নলিখিত রূপ হয় :—

(ক) সিরিজ জেনারেটর—

মনে কর, সিরিজ জেনারেটরের সাহায্যে কোন ব্যাটারি (storage battery) চার্জ করা হইতেছে। এই কাজে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ এমন হওয়া প্রয়োজন যাহাতে ব্যাটারির পজিটিভ টার্মিনাল দিয়া কারেন্ট ভিতরে ঢুকিতে পারে। ৮০নং চিত্রে পূরা রেখার তীর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহের এই অভিমুখ দেখানো হইয়াছে। ব্যাটারি যত চার্জ

হইতে থাকে, ততই তাহাতে সঞ্চিত তড়িৎ-চাপের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়, আর ক্রমে তাহা জেনারেটোরের প্রান্তিক চাপের সমান হইয়া ওঠে। তখন ব্যাটারি চার্জ করা শেষ হয়। ব্যাটারিতে সঞ্চিত চাপ সর্বদা লাইনে উন্টাদিকে কারেন্ট পাঠাইতে চেষ্টা করে, কিন্তু জেনারেটোরের প্রান্তিক চাপ অপেক্ষা ঐ চাপ কম হওয়ার জন্ত তাহা পারে না। যদি কোন কারণে জেনারেটোরের প্রান্তিক চাপ মুহূর্তের জন্তও সামান্য কম হয়, সঙ্গে সঙ্গে ব্যাটারির চাপ উন্টাদিকে কারেন্ট পাঠাইতে আরম্ভ করে।



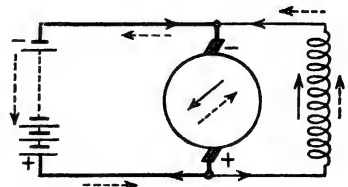
সিরিজ জেনারেটোরের সাহায্যে ব্যাটারি চার্জ করা
৮০নং চিত্র

এখন, যদি সিরিজ জেনারেটোরের সাহায্যে এইরূপ একটি ব্যাটারি চার্জ করিতে আরম্ভ করা যায়, আর কোন প্রকারে উহার মেরুত্ব পরিবর্তিত হয়, তবে উহার ফীল্ড-কয়েল দিয়া বিপরীত দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হইয়া ব্যাটারিকে উন্টাদিকে কারেন্ট পাঠাইতে সাহায্য করিবে (৮০নং চিত্রে ফুটকী ফুটকী লাইনেব তীর দিয়া এই কারেন্টের অভিমুখ দেখানো হইয়াছে), এবং সঙ্গে সঙ্গে ডাইনামোব আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের অভিমুখও বদলাইয়া দিবে। তখন ডাইনামো হইতে যে-ব্যাটারির দিকে এতক্ষণ তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছিল, সেই ব্যাটারিই খরচ হইয়া যাইবে, আর জেনারেটোর মোটর হিসাবে চলিতে আরম্ভ করিবে। ডাইনামোর আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ আর ব্যাটারির চাপের অভিমুখ তখন একই হওয়াব ফলে এত অতিরিক্ত কারেন্টের উৎপত্তি হইবে যে, তাহাতে সবকিছু গরম হইয়া পুড়িয়া যাইবার সম্ভাবনা দেখা দিবে।

এই সকল কাণে সিরিজ জেনারেটোরের সাহায্যে কখন ব্যাটারি চার্জ করা হয় না। সিরিজ জেনারেটোর ব্যবহার না করার আবশ্যক একটি কারণ এই যে, মেন স্বেইচ বন্ধ না করিলে ইহাব ভোল্টেজ বাড়ে না। স্ততরাং যে মুহূর্তে মেন স্বেইচ দ্বারা হয়, সেই মুহূর্তে জেনারেটোরের প্রান্তিক চাপ ব্যাটারির চাপ অপেক্ষা কম থাকে বলিয়া ব্যাটারি হইতে কারেন্ট উন্টাদিকে চলিয়া আসে।

(খ) শাণ্ট জেনারেটোর—

শাণ্ট জেনারেটোরে ব্রাশ হইতে কারেন্টের এক ভাগ ফীল্ডে যায়, আর সেই ফীল্ড-কারেন্টেব সঙ্গে লাইন-কারেন্টের কোন সংশ্লব থাকে না বলিয়া মেন স্বেইচ দ্বারা না হইলেও ফীল্ডের চুম্বক পরিপূর্ণভাবে উত্তেজিত হইয়া উঠিতে কোন প্রতিবন্ধক পায় না। আর যদিও বা কোন কারণে ব্যাটারি উন্টাদিকে কারেন্ট পাঠায়, তবে তাহাতে ফীল্ড-কারেন্টের অভিমুখ আগের মতই থাকে (৮১নং চিত্রে ফুটকী ফুটকী লাইনের তীর দিয়া এই কারেন্টের অভিমুখ



শাণ্ট জেনারেটোরের সাহায্যে ব্যাটারি চার্জ করা
৮১নং চিত্র

দেখানো হইয়াছে)। ইহাতে চুম্বকের মেরু বদলাইতে পারে না ; ফলে, যদি কোন কারণে মূহুর্তের জন্ত জেনারেটোরের প্রান্তিক চাপ ব্যাটারির চাপ অপেক্ষা কমিয়াও যায়, তথাপি তাহাতে একেবারে প্রবল বিরুদ্ধ-কারেন্ট বর্তনী দিয়া প্রবাহিত হইয়া সবকিছু পোড়াইয়া দিবে, এমন সম্ভাবনা দেখা দেয় না, আর জেনারেটরও নিজেকে সামলাইয়া লইতে যথেষ্ট সময় পায়।

এই কারণে সাণ্ট জেনারেটর দিয়াই সাধারণতঃ ব্যাটারি চার্জ করা হইয়া থাকে। সিরিজ ফীল্ড থাকার জন্ত কম্পাউণ্ড জেনারেটরও এই দ্বিধায়ে সাণ্ট জেনারেটরের সমকক্ষ হইতে পারে না। তবে কার্ষক্ষেত্রে ব্যাটারি চার্জ করিবার পক্ষে একটি সাধারণ সাণ্ট জেনারেটর অপেক্ষা ডাইভারটার-পোল জেনারেটর অনেক বেশী উপযোগী বলিয়া বিবেচিত হয়। এই সম্বন্ধে পূর্ব অধ্যায়েই বিস্তারিত আলোচনা করা হইয়াছে।

৫-৩। ডি. সি. জেনারেটরের পাকের অভিমুখ পরিবর্তনের ফল (Effect of the Reversal of the Direction of Rotation of D. C. Generators)

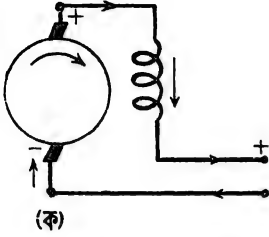
একটি জেনারেটর দক্ষিণাবর্তে ঘুরিবে কি বামাবর্তে ঘুরিবে তাহার নির্দেশ অধিকাংশ ক্ষেত্রেই মেশিনের গায়ে তীর চিহ্ন দিয়া আঁকা থাকে। সাধারণতঃ যেদিকে কমুটেটর থাকে, সেই প্রান্তে মেশিনের দিকে স্রমুখ করিয়া দাঁড়াইলে কমুটেটর বামাবর্তে ঘুরিবে—এই নিয়মই এখন সর্বত্র প্রচলিত। তাহা ছাড়া জেনারেটোরের ব্রাশ প্রায়ই একটু হেলানভাবে কমুটেটরের উপর বসানো থাকে, মোটরের ব্রাশের মত খাড়াভাবে থাকে না। ইহা হইতেও মেশিন কোন্ দিকে ঘুরিবে তাহা জানা যায়। যদি কোন কারণে মেশিনকে উল্টাদিকে ঘুরানো হয়, তবে তাহাতে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ বিপরীত-মুখী হইয়া যায়, ফলে কারেন্টও উল্টাদিকে প্রবাহিত হইতে থাকে। তখন নিম্নলিখিতরূপ ফলাফল দেখিতে পাওয়া যায় :—

(১) বুস্টার প্রভৃতি সেন্সারেলি এক্সাইটেড জেনারেটর হইলে ফীল্ডের চুম্বক বদলাইয়া যায়, আর সেই সঙ্গে আর্মচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ বিপরীত হয় বলিয়া পজিটিভ টার্মিনাল দিয়া কারেন্ট মেশিনে প্রবেশ করে এবং নেগেটিভ টার্মিনাল দিয়া বাহির হয়। তখন মেশিনের টার্মিনাল দুইটি উল্টা করিয়া দিলেই গোল মিটিয়া যায়, কিংবা টার্মিনালের সহিত ব্রাশের সংযোগ উল্টা করিয়া দিলেও কাজ হয়।

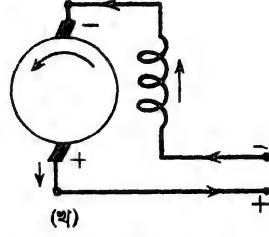
(২) সিরিজ জেনারেটর উল্টাদিকে ঘুরাইলে অবশিষ্ট চুম্বক হইতে যে সামান্য ভোল্টেজ পাওয়া যায়, তাহার অভিমুখ বিপরীত হয়। তখন এই ভোল্টেজ হইতে উৎপন্ন কারেন্ট ফীল্ড-কয়েল দিয়া বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইয়া অবশিষ্ট চুম্বককে ধ্বংস করে। ফলে আর কোন তড়িৎ-চাপ আর্মচারে আবিষ্ট হইতে পারে না এবং আর্মচার দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হওয়াও বন্ধ হইয়া যায়। এই অবস্থায় বাহির হইতে কারেন্ট পাঠাইয়া ফীল্ড-পোলকে আবার উপযুক্ত মেরুক্ষেত্রে উত্তেজিত করিতে হয়।

৮২ (ক) ও (খ) নং চিত্রে জেনারেটোরের এই দুই অবস্থা দেখানো হইয়াছে।

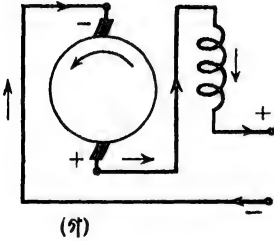
যদি জেনারেটরের এই অবস্থার প্রতিকার করিতে হয়, তবে ৮২(গ) ও (ঘ)নং চিত্রে যে দুইটি উপায় দেখানো হইয়াছে তাহার যে কোন একটি অবলম্বন করিতে হইবে। ৮২(গ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে যে, ব্রাশের অবস্থান পূর্বের মতই আছে, কিন্তু উহার সহিত ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ বদল করিয়া দেওয়ার ফলে লাইনের উপরের



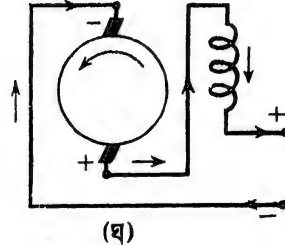
আমেচার দক্ষিণাবর্তে ঘূর্ণিত হইতেছে, ফীল্ড-কয়েল দ্বিধা উপর হইতে নীচেব দিকে কারেন্ট আসিতেছে, লাইনের উপরের টার্মিনাল পজিটিভ।



আর্মেচার বামাবর্তে ঘূর্ণিত হইতেছে, ফীল্ড-কয়েল দ্বিধা নীচ হইতে উপরের দিকে কারেন্ট যাইতেছে, লাইনের উপরের টার্মিনাল নেগেটিভ।



আর্মেচার বামাবর্তে ঘূর্ণিত হইতেছে, কিন্তু ব্রাশের সহিত ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ বদল করিয়া দেওয়ার ফলে উপরের টার্মিনালই পজিটিভ আছে।

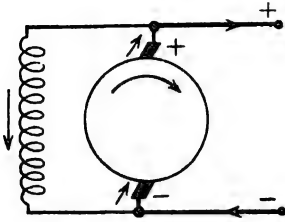


আর্মেচার বামাবর্তে ঘূর্ণিত হইতেছে এবং ব্রাশের সহিত ফীল্ড-কয়েলের সংযোগও অপরিবর্তিত আছে। কিন্তু রকারের সাহায্যে ব্রাশকে এক পোল সরাইয়া দেওয়াতে উপরের টার্মিনাল পজিটিভ হইয়াছে।

৮২নং চিত্র

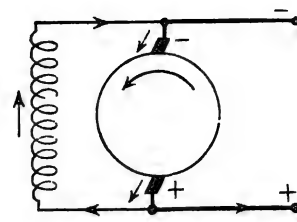
তার দিয়াই কারেন্ট বাহিরে যাইতেছে, অর্থাৎ লাইনে কারেন্টের অভিমুখ আবার পূর্বের মত হইয়াছে। ৮২(ঘ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে যে, ফীল্ড-কয়েলের সহিত ব্রাশের সংযোগ ৮২(ক) চিত্রের অধরূপ রাখিয়া “রকার”-এর সাহায্যে ব্রাশকে এক পোল দূরত্বে সরাইয়া দেওয়া হইয়াছে; ফলে লাইনে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ আবার পূর্বের মত হইয়াছে।

(৩) যদি মেশিনটি একটি সার্ট জেনারেটর হয়, তবে উল্টা পাকে ঘুরাইলে সিরিজ জেনারেটরের মত একই কারণে এই মেশিনের ফীল্ড-পোলও উত্তেজিত পায় না। তখন উহার ফীল্ড-কয়েলেও আবার বাহিব হইতে কারেন্ট আনিয়া উপযুক্ত অভিমুখে পাঠাইতে হয়। সার্ট জেনারেটরের সংযোগ কিভাবে বদল করিতে হয়, তাহা ৮৩নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।



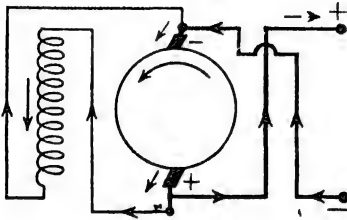
(ক)

আর্মচারের দক্ষিণার্ধে ঘুরিতেছে, সার্ট ফীল্ড কয়েলে উপর হইতে নীচের দিকে কারেন্ট আসিতেছে, উপরের টার্মিনাল পজিটিভ।



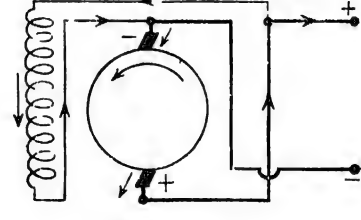
(খ)

আর্মচারের বামার্ধে ঘুরিতেছে, সার্ট ফীল্ড কয়েলে নীচ হইতে উপরের দিকে কারেন্ট যাইতেছে, উপরের টার্মিনাল নেগেটিভ।



(গ)

আর্মচারের বামার্ধে ঘুরিতেছে, ফীল্ড-কয়েল আবার লাইনের সংযোগ বদল করিয়া দেওয়ার ফলে উপরের টার্মিনাল পজিটিভ হইয়াছে।

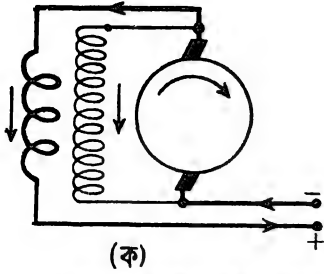


(ঘ)

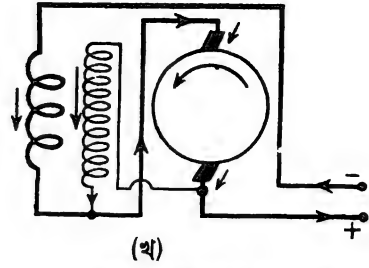
আর্মচারের বামার্ধে ঘুরিতেছে, কিন্তু উপরের বাশকে নীচে আর নীচের বাশকে উপরে সবাইয়া দেওয়া হইয়াছে; ফীল্ড-কয়েলে কারেন্ট উপর হইতে নীচের দিকে আসিতেছে, আর সঙ্গে সঙ্গে উপরের টার্মিনালের সহিত পজিটিভ ব্রাশের সংযোগ হওয়ায় উপরের টার্মিনাল পজিটিভ হইয়াছে।

৮৩নং চিত্র

(৪) ৮৪(ক)নং চিত্রে একটি কম্পাউন্ড জেনারেটরের সাধারণ সংযোগ দেখানো হইয়াছে। এখানে লক্ষ্য করিবার বিষয় এই যে, সিরিজ আর সার্ট—এই দুই ফীল্ড-কয়েল দিয়া একই দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছে।



আর্মেচার দক্ষিণার্ধে ঘূরিতেছে।



আর্মেচার বামার্ধে ঘূরিতেছে।

৮৩নং চিত্র

এইরূপ না হইলে একই পোল-কোরের উপর দুই রকম কয়েল পরস্পরের চুম্বকত্বকে সাহায্য করিতে পারে না, ফলে ডিফারেন্শাল সংযোগ হইয়া দাঁড়ায়। আর্মচারকে বামার্ধে ঘুরাইলে সংযোগের পরিবর্তন কিভাবে কবিতো হয়, তাহা ৮৪(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এখানেও দুইটি ফীল্ড-কয়েল দিয়া একই দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হইতেছে।

৫-৪। লাইনের সহিত জেনারেটরের সংযোগ (Connections of Generators with the Supply Lines)

জেনারেটর হইতে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিতে হইলে যে-সকল যন্ত্রপাতি আর সরঞ্জাম দরকার হয়, পবিচ্ছেদের এই অংশে তাহার কিছুটা আভাস দেওয়া হইতেছে। কার্যক্ষেত্রে অবস্থা অবস্থা বঝিয়া প্রায়ই ইহার কিছু কিছু অদল-বদল করিতে হয়।

বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহের কাজকে প্রধানতঃ তিনভাগে ভাগ করা যাইতে পারে—

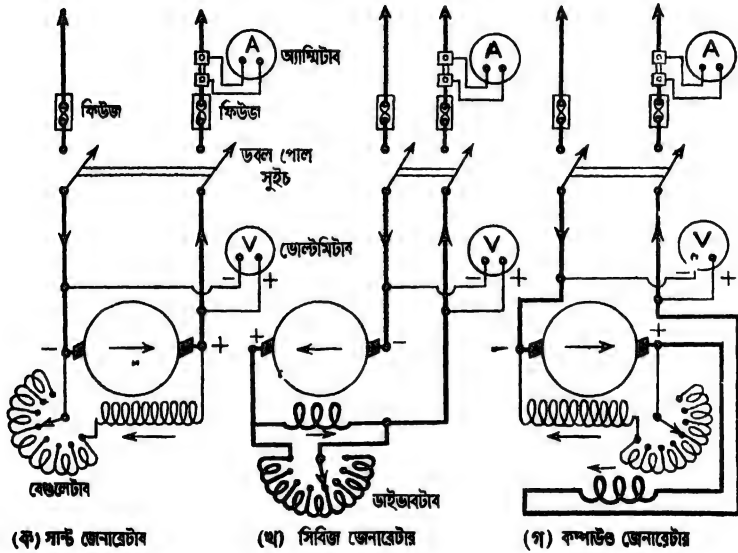
- (১) শক্তি উৎপাদন (Generation), (২) নিয়ন্ত্রণ (Control), এবং
- (৩) বিতরণ (Distribution)।

তড়িৎ-শক্তি উৎপাদনের জন্য জেনারেটরে প্রাইম মুভারের সাহায্যে ঘুরাইতে হয়, ইহা পূর্বেই বলা হইয়াছে। বর্তমানে ইহা আমাদের আলোচ্য বিষয় নহে। চালু করিবার পরে জেনারেটরের ভোল্টেজ, কারেন্ট প্রভৃতি নিয়ন্ত্রণ করিবার জন্য যে-সকল যন্ত্রপাতি আর আসবাব ব্যবহার করা হয়, তাহাদের সম্বন্ধেই এখানে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইবে। নিয়ন্ত্রণের কাজে ব্যবহৃত প্রধান প্রধান যন্ত্রপাতিগুলির অন্ততম ফীল্ড-রেগুলেটর। প্রত্যেক ডাইনামোর সঙ্গে উহার ফীল্ড-রেগুলেটরও পাওয়া যায় (নানা প্রকার রেগুলেটর সম্বন্ধে চতুর্থ পরিচ্ছেদে বিস্তারিত আলোচনা ইতিপূর্বেই করা হইয়াছে)। তাহা ছাড়া নিয়ন্ত্রণ বিভাগে পড়ে সেইসব যন্ত্রপাতি যাহাদের সাহায্যে তড়িৎ-চাপ, তড়িৎ-প্রবাহ প্রভৃতি মাপা যায়, আর স্বইচ, ফিউজ, সার্কিট ব্রেকার প্রভৃতি যাহা দিয়া ইচ্ছামত বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ করা চলে। এই সকল যন্ত্রপাতির বিষয়েই এক্ষণে সংক্ষেপে বলা হইতেছে :—

(১) অ্যামিটার ও ভোল্টমিটার

ডাইনামোতে কত চাপ আবিষ্ট হয় তাহা দেখিবার জন্য একটি ভোল্টমিটার, কত কারেন্ট প্রবাহিত হয় তাহা দেখিবার জন্য একটি অ্যামিটার, আর আর্মেচার উপযুক্ত

পাকে ঘুরিতেছে কিনা তাহা দেখিবার জন্য কখন কখন একটি ট্যাকোমিটার (tachometer)—এই তিনটি যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। ট্যাকোমিটার না থাকিলেও ক্ষতি হয় না, কারণ তাহার কাজ অনেকাংশে ভোল্টমিটার দ্বিয়াই চলিয়া যায়, কিন্তু অ্যাম্পিটার এবং ভোল্টমিটার প্রত্যেক ডাইনামোর সঙ্গে থাকিতেই হইবে। ডাইনামোর নির্ধারিত (rated) ভোল্টেজ এবং কারেন্ট যত, তাহার সওয়া গুণ হইতে দেড়গুণ ভোল্টেজ আর কারেন্ট মাপিতে পারা যায় এমন ভোল্টমিটার ও অ্যাম্পিটার ব্যবহার করাই নিয়ম। স্ফিচ খোলা থাকা অবস্থাতেই যাহাতে মেশিনের ভোল্টেজ দেখিতে পাওয়া যায়, সেইজন্য ভোল্টমিটারকে স্ফিচের আগেই লাগাইতে হয়। ইহা ৮৫নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। অ্যাম্পিটার যে-কোন লাইনেব সঙ্গে সরিজে লাগানো চলে, তবে অ্যাম্পিটারকে এমনভাবে লাগাইতে হয় যাহাতে উহার পজিটিভ টার্মিনাল দিয়া কারেন্ট ভিতরে প্রবেশ করিতে আর নেগেটিভ টার্মিনাল দিয়া বাহির হইতে পারে।



৮৫নং চিত্র

অ্যাম্পিটার এবং ভোল্টমিটার নানা প্রকারের হয়। ইহাদের মধ্যে “মুভিং আয়রন” (Moving-iron), “মুভিং কয়েল” (Moving-coil) ও “ডাইনামোমিটার” (Dynamometer) জাতীয় যন্ত্রই প্রধান। তবে ডি. সি. জেনারেটরের সহিত প্রথম দুই প্রকার যন্ত্রের ব্যবহারই সচরাচর বেশী দেখা যায়। মুভিং কয়েল জাতীয় যন্ত্র ব্যবহার করা হইলে কোন টার্মিনাল দিয়া কারেন্ট যন্ত্রে প্রবেশ করিবে আর কোন টার্মিনাল দিয়া বাহির হইবে, লাগাইবার সময় সেই বিষয়ে অবহিত হওয়া প্রয়োজন। কিন্তু মুভিং আয়রন জাতীয় যন্ত্র ব্যবহার করিতে গেলে সেই বিষয়ে অবহিত হইবার দরকার করে

না। তাই পূর্বোক্ত যন্ত্রের টার্মিনালে যোগ (+) এবং বিয়োগ (-) চিহ্ন দাগ রাখা থাকে, শেষোক্ত যন্ত্রে থাকে না।

ভোল্টমিটারের কয়েলের সহিত একটি উচ্চমানের রেজিস্ট্যান্স সিরিজে লাগানো থাকে। এই রেজিস্ট্যান্স যন্ত্রের ভিতবেই থাকে। কিন্তু অ্যাম্পিটারে, যেখানে বেশী কারেন্ট মাপা হয় সেখানে, একটি খুব অল্পমানের রেজিস্ট্যান্স কয়েলের সহিত প্যার্যাললে সংযুক্ত করা হয়। ইহাকে “অ্যাম্পিটার-সান্ট” (Ammeter-Shunt) বা শুধু “সান্ট” (Shunt) বলে। সান্ট-ওয়ালা অ্যাম্পিটারে প্রত্যেকটি যন্ত্রের সহিত একটি করিয়া সান্ট আলাদা দেওয়া থাকে। এই সান্টকে লাইনের সহিত সিরিজে আর যন্ত্রটিকে সান্টের দুই প্রান্তের সহিত প্যার্যাললে লাগাইতে হয়। মোটামুটি হিসাবে বলিতে গেলে, যেখানে লাইন-কারেন্ট একশত অ্যাম্পিয়ার অপেক্ষা বেশী, সেখানেই অ্যাম্পিটারের সহিত সান্ট ব্যবহার করা হইয়া থাকে। যখন লাইন দিয়া বেশী কারেন্ট যায়, তখন পূরা কারেন্ট যন্ত্রের কয়েল দিয়া পাঠানো চলে না। পূবা কারেন্টের মাত্র সামান্য একটা অংশ কয়েল দিয়া পাঠানো হইয়া থাকে। বেশীর ভাগ কাবেন্ট সান্ট দিয়াই প্রবাহিত হয়, আর তাহাতেই যন্ত্র ঠিকমত কাজ করে। যন্ত্রেব “ডায়াল” (dial)-এ যে দাগ থাকে, তাহা কিন্তু পূরা লাইন-কাবেন্টই নির্দেশ কবে, তাই সান্ট ব্যবহার করিলেও যন্ত্র দিয়া লাইন-কারেন্ট মাপায় কোন ভুল হয় না। ভোল্টমিটারের ক্ষেত্রেও অল্পরূপভাবে ডায়ালের দাগ লাইনের পূরা ভোল্টেজ নির্দেশ করে।

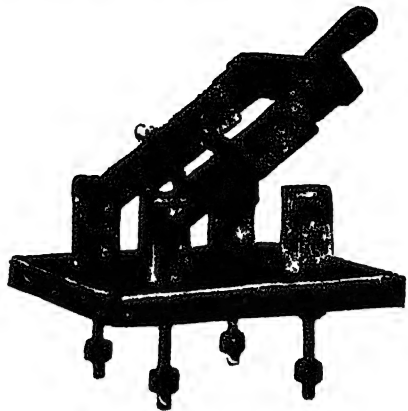
(২) স্নইচ

লাইনে বিদ্যুৎ সববরাহ করিবার জন্ত, এবং প্রয়োজনমত সেই সববরাহ বন্ধ রাখিবার জন্ত, জেনারেটোরের সহিত স্নইচ ব্যবহার করা প্রয়োজন। মেন সারকিটে সচরাচর “নাইফ স্নইচ” (Knife Switch)-ই ব্যবহার করা হয়। স্নইচ একটিও দেওয়া যায়, আবার দুইটি স্নইচও একত্রে চালায়া চলে (অর্থাৎ কেবল পজিটিভ লাইনে একটি স্নইচ, কিংবা দুইটি লাইনের প্রত্যেকটিতেই একটি কবিয়া দুইটি স্নইচ দেওয়া যায়), তবে মেন লাইনে দুইটি স্নইচ দেওয়াই নিয়ম। স্নইচের আকৃতি এমন হওয়া দরকার যাহাতে সর্বাপেক্ষা বেশী কারেন্ট (যাহা ডাইনামো হইতে পাওয়া যায়) প্রবাহিত হইলেও উহার কোন ক্ষতি না হয়। প্রত্যেকটি জেনারেটোরের স্নইচেরই নিম্নলিখিত গুণগুলি থাক দরকার :—

জেনারেটোর হইতে ক্রমাগত উচ্চতম কারেন্ট স্নইচের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইতে থাকিলেও উহা যেন অথবা গরম হইয়া না ওঠে। ব্রেডের আয়তন সর্বদাই যথেষ্ট হওয়া প্রয়োজন। বর্তমানে ব্রেডের প্রতি বর্গ ইঞ্চি প্রস্থক্ষেত্রে ১০০০ অ্যাম্পিয়ার, এবং ব্রেড যে কন্ট্যাক্টের মধ্যে প্রবেশ করে তাহার প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে ৫০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট যাহাতে প্রবাহিত হইতে পারে, সেইভাবে উপযুক্ত করিয়া প্রত্যেকটি স্নইচ তৈরী করা হয়। ইহাতে কারেন্ট অনবরত প্রবাহিত হইলেও স্নইচ অতিরিক্ত গরম হয় না। কোন স্নইচ কত কারেন্ট বহন করিবার পক্ষে উপযুক্ত, তাহা নিরূপণ করিবার প্রথা মোটামুটি এইরূপ : যদি কারেন্ট

১০০ অ্যাম্পিয়ারের বেশী হয়, তবে উচ্চতম কারেন্ট অনবরত প্রবাহিত হইতে থাকিলেও স্নাইচের উত্তাপ যেন আবহমণ্ডলের তাপ অপেক্ষা ৩০ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডের বেশী, আর যদি কারেন্ট ১০০ অ্যাম্পিয়ারের কম হয়, তবে যেন ২০ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডের বেশী না হয়।

যত ভোল্টেজের সারকিটে স্নাইচ ব্যবহার করা হইবে তাহার দেড়গুণ ডি. সি. ভোল্টেজ বিশিষ্ট সারকিটেও যদি সেই স্নাইচ ব্যবহার করা হয়, তবে তাহা যেন নির্দিষ্ট কারেন্টের অন্ততঃ দেড়গুণ কারেন্ট খুলিবার সময়েও উহার দুই কন্ট্যাক্টের মধ্যে স্থায়ীভাবে আগুন না জন্মায়। স্নাইচের এই ক্ষমতাকে উহার “ব্রেকিং ক্যাপাসিটি” (Breaking Capacity) বলে। তবে যদি স্নাইচের নির্দিষ্ট তড়িৎ-বহন ক্ষমতা ৪০০ অ্যাম্পিয়ারের বেশী হয়, তখন সচরাচর তাহা দিয়া এ ৪০০ অ্যাম্পিয়ারের বেশী তড়িৎ প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করা হয় না। যেখানে ৮০০ অ্যাম্পিয়ারের বেশী তড়িৎ প্রবাহিত হয়, সেখানে দুই বা ততোধিক সংখ্যক রেড একত্রে প্যাব্যালেলে লাগানো থাকে। কিভাবে একটি ডবল-পোল নাইফ স্নাইচ ও তাহার কন্ট্যাক্টগুলি বসানো থাকে, তাহা ৮৬নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।



ডবল-পোল নাইফ স্নাইচ

৮৬নং চিত্র

(৩) ফিউজ বা কাট-আউট

কোন সারকিটের ভোল্টেজকে উহার রেজিস্ট্যান্স দিয়া ভাগ করিলে যত ভাগফল পাওয়া যায়, তত অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সেই সারকিট দিয়া প্রবাহিত হইয়া থাকে। লাইনে বা মেশিনে স্ট-সারকিট হইলে এই রেজিস্ট্যান্স খুব কমিয়া যায়। তখন সারকিট দিয়া এত বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হয় যে, তাহাতে সবকিছু পুড়িয়া যাইতে পারে। লাইন, মেশিন এবং যন্ত্রপাতিতে এই বিপদ হইতে রক্ষা করিবার জন্য সারকিটের সহিত এক টুকরা সরু তার সংযুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। ইহাতে কোন এক নির্দিষ্ট পরিমাণ কারেন্ট অপেক্ষা বেশী কারেন্ট সারকিট দিয়া প্রবাহিত হইতে গেলেই উৎপন্ন তাপ অধিক হইয়া সেই তারকে গলাইয়া ফেলে, তখন সমস্ত বর্তনী তড়িৎ-মৃত (dead) হইয়া যায়। এই তারের টুকরাকে “ফিউজ” বা “কাট-আউট” (Fuse or Cut-out) বলে।

বর্তনীতে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ অল্প হইলে শুধু পজিটিভ তারেই ফিউজ দেওয়া হয়, কিন্তু তড়িৎ-প্রবাহ বেশী হইলে পজিটিভ আর নেগেটিভ—এই দুই তারেই ফিউজ দেওয়া নিয়ম (স্কেবল নিউট্রাল তারে ফিউজ লাগানো ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুসারে নিষিদ্ধ)। জেনারেটরের স্নাইচ বোর্ডে ফিউজও ব্যবহার করা যায়, আবার সারকিট

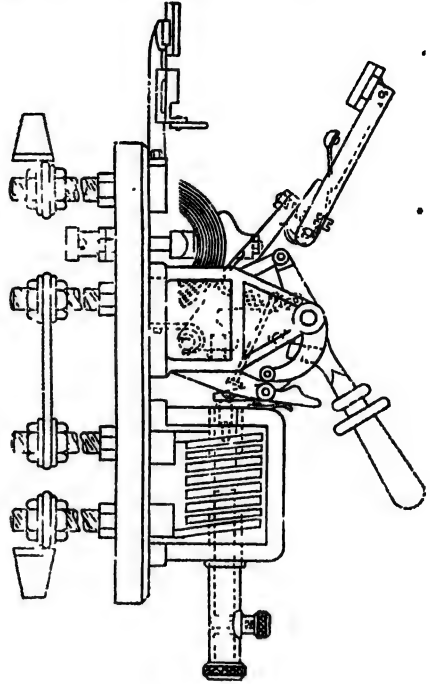
ব্রেকারও (Circuit breaker) ব্যবহার করা চলে। ফিউজের পরিবর্তে সার্কিট ব্রেকার ব্যবহার করিলে অনেক বেশী সুবিধা পাওয়া যায় বটে, কিন্তু সার্কিট ব্রেকারের দাম অত্যধিক বলিয়া কেবলমাত্র বড় বড় মেশিনের ক্ষেত্রেই ইহার ব্যবহার প্রচলিত।

তড়িৎ প্রবাহিত হইলেই ফিউজের তার গরম হয়, কেননা এই তারের রোধ বা রেজিস্ট্যান্স থাকায় তড়িৎ প্রবাহিত হইলে উহাতে শক্তি খরচ হইতে থাকে। যত বেশী শক্তি খরচ হয়, ততই ফিউজ-তারের উত্তাপ বৃদ্ধি পায়। আর যখন সেই উত্তাপ তারের “গলন-উত্তাপে” (fusing temperature) আসে, তখনই ফিউজ গলিয়া যায়। ইহাকে ‘ফিউজ পোড়া’ বলে। তার যত সূক্ষ্ম হয়, তাহার রোধ তত বেশী হয় বলিয়া কোন বর্তনীতে সুরু তারের ফিউজ দিলে তাহা শীঘ্র গলিয়া যায়, এমন কি ফিউজ লাগাইবামাত্রই তাহা গলিয়া যাইতে পারে। যদি কোন কম ভোল্টেজের বর্তনীতে এমন ফিউজ লাগাইবার প্রয়োজন দেখা দেয় যাহা এক মিনিট সময়ের মধ্যে গলিয়া যাওয়া দরকার (কারণ ফিউজ গলিতে যত দেরী হয়, সার্কিটের অগ্নাশু যন্ত্রপাতি আর আনবাব গরম হইয়া পুড়িয়া যাইবার আশঙ্কা তত বেশী থাকে), তবে সেই ফিউজ-তারের গলন-কারেন্টের পরিমাণ এই বর্তনীর নর্বাপেক্ষা সুরু তারের তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতার দ্বিগুণ হইতে হইবে। যে লাইনে তড়িৎ-প্রবাহ ঘন ঘন কম-বেশী হইতে থাকে, কিংবা যে বর্তনীতে স্ট-সার্কিট হইবার সম্ভাবনা বেশী থাকে, সেই লাইনে বা বর্তনীতে এমন ফিউজ দিতে হয় যাহা বর্তনীর সাধারণ উচ্চতম কারেন্টের দেড়গুণ কাপেটে গলিয়া যায়। অবশ্য সাত অ্যাম্পিয়ার অপেক্ষা কম কারেন্টে গলিয়া যায় এইরূপ ফিউজ-তার কোন মেশিনের সার্কিটেই ব্যবহার করিবার প্রয়োজন হয় না।

(৪) সার্কিট ব্রেকার বা অটোম্যাটিক সুইচ

মোটামুটি হিসাবে যেখানে ১০০ অ্যাম্পিয়ারের বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হয়, সেখানে ফিউজের পরিবর্তে সার্কিট ব্রেকার ব্যবহার করিলে অপেক্ষাকৃত ভাল ফল পাওয়া যায়। একটি স্লैট পাথরের চেপটা খণ্ডের (slab) উপরে দুইটি তামার কন্ট্যাক্ট পরস্পরের নিকট হইতে উপযুক্ত দূরে বসানো থাকে। এই দুই কন্ট্যাক্টকে তামার পাত একত্র করিয়া তৈরী করা ব্রাশের সাহায্যে হস্ত দ্বারা সংযোগ করা হয়। ইহা ঠিক সুইচ মারার মতই। তখন মেন কারেন্ট প্রবাহিত হইতে পায়। সার্কিট ব্রেকারে একটি কুণ্ডলি বা কয়েল থাকে, আর তাহার ভিতরে থাকে একটি প্রাঞ্জাব (plunger)। মেন কারেন্ট এই কুণ্ডলি দিয়া প্রবাহিত হয়। যখন কারেন্ট এত বেশী হয় যে তাহা লাইনের পক্ষে ক্ষতিকারক হইয়া ওঠে, তখন কুণ্ডলিতে উৎপন্ন চুম্বকত্বও অত্যধিক হয়। সেই প্রথম চুম্বকত্ব তখন প্রাঞ্জাবকে ভিতরে টানিয়া লয়। এমন ব্যবস্থা করা থাকে যাহাতে প্রাঞ্জাব কুণ্ডলির ভিতরে আকৃষ্ট হইবার সময় ব্রেকারের অণু একটি অংশে সজোরে আঘাত করে; ইহাকে “ট্রিগার” (trigger) বলে। সেই আঘাতের ফলে তামার ব্রাশ খুলিয়া আসে, আর তাহাতে লাইন দিয়া কারেন্ট বাওয়া বন্ধ হয়। যতক্ষণ এই পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হইতে থাকে, ততক্ষণ যতবারই ব্রেকার লাগাইয়া

দেওয়া যায়, ততবারই প্রাঞ্জার সজোরে ধাক্কা মারে, আর সঙ্গে সঙ্গে সারকিট ব্রেকার খুলিয়া পড়ে (trip করে), এবং প্রাঞ্জারও তখন সেই সঙ্গে নীচে পড়িয়া যায়। এইভাবে সারকিট ব্রেকার কাজ করে। ৮৭নং চিত্রে সারকিট ব্রেকারের একটি সাধারণ নক্সা দেওয়া হইল।



৮৭নং চিত্র

যখন সারকিট ব্রেকার খুলিয়া পড়ে, তখন কন্ট্যাক্ট দুইটির মধ্যে খুব বেশী আগুন দেয়। ইহাতে কন্ট্যাক্ট দুইটি খারাপ হইয়া যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে বলিয়া সারকিট ব্রেকারের উপরের দিকে দুইটি কার্বনের অথবা তামার টুকরা তামার পাতের স্প্রিংয়ের সঙ্গে এমনভাবে লাগানো থাকে যাহাতে প্রধান কন্ট্যাক্ট খুলিবার পরেও ঐ তামার স্প্রিং আর কার্বন দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে পারে, আর সবশেষে ঐ কার্বনেই আগুন দিয়া সারকিট খোলে। এই ব্যবহার ইংরাজি নাম “অক্সিলিয়ারি কার্বন ব্রেক” (Auxiliary Carbon Break), আর কার্বনের টুকরা দুইটির ইংরাজি নাম “অক্সিলিয়ারি কন্ট্যাক্ট”। ইহার উপকারিতা এই যে, সারকিট ব্রেকার খুলিবার সময় কেবলমাত্র কার্বনের টুকরা দুইটিতেই আগুন দেখা দেয়, যেন কন্ট্যাক্টে আগুন দেয় না; ফলে তাহারা উত্তাপে গলিয়া যায় না, অথচ দবকারমত কার্বনের টুকরাগুলিকে অনায়াসেই বদল করা চলে। আর এক ব্যবহার সাহায্যেও সারকিট ব্রেকারে আগুন দেওয়া বন্ধ করা যায়। তাহাকে “ম্যাগনেটিক ব্লো-আউট” (Magnetic Blow-Out) বলে। কার্বনের টুকরা লাগানো সারকিট ব্রেকার মাঝারি আকারের বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রে, আর ম্যাগনেটিক ব্লো-আউট দেওয়া ব্রেকার বড় বড় উৎপাদন কেন্দ্রে ব্যবহার করা হয়।

ফিউজের দাম খুব কম, তুলনায় সারকিট ব্রেকারের দাম ঢের বেশী। কিন্তু কার্যক্ষেত্রে একটি সাধারণ ফিউজ-তারের পরিবর্তে সারকিট ব্রেকার ব্যবহার করিলে অনেক বেশী সুবিধা পাওয়া যায়। ফিউজ অপেক্ষা সারকিট ব্রেকারের যে-সকল অধিক গুণ আছে, তাহা নিম্নে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল :—

(১) ফিউজ পুড়িলে আবার সেই আয়তনের আর সেই ধাতুর এক টুকরা তার দুই টার্মিনালের মধ্যে লাগাইয়া দিতে হয়। ইহাতে কিছুক্ষণ সময় লাগে। কিন্তু

সারকিট ব্রেকার খুলিয়া পড়িলে তাহার হাতল ধরিয়া আবার লাগাইয়া দিতে মাত্র কয়েক সেকেন্ড সময়ের প্রয়োজন হয়, অথচ ইহাতে খরচ কিছুই নাই।

(২) আহুড় (open) ফিউজ পুড়িলে তার-গলা ধাতু স্ফীচ বোর্ডের নীচে ছড়াইয়া পড়ে। দাহ্য কোন জিনিস ঠিক নীচে থাকিলে তখন উহাতে আগুন ধরিয়া যাওয়ার সম্ভাবনা দেখা দেয়। সারকিট ব্রেকারে সেই ভয় নাই।

(৩) ফিউজ পুড়িলে, যে ধাতুর ফিউজ-তার থাকে (যেমন তামা, সীসা, টিন, কিংবা ইহাদের কোন মিশ্র ধাতু) তাহার একটা গ্যাস বাহির হয়। ইহার গন্ধ অনেক সময় স্বাস্থ্যের পক্ষে ক্ষতিকারক হইতে পারে, উপবন্ধ যদি আহুড় ফিউজ হয়, তবে এই গ্যাসের জন্ত টাম্বিতালে দাগ পড়ে। সারকিট ব্রেকারে এইরূপ কিছু হয় না।

(৪) যে-পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হইলে ফিউজ গলিতে পারে, তাহা হিসাব করিয়া নিখুঁতভাবে ফিউজ-তার দেওয়া সম্ভব হয় না, একটা মোটামুটি আন্দাজ করা যায় মাত্র। সারকিট ব্রেকারে তড়িৎ-প্রবাহ খুব নিখুঁতভাবে ঠিক (adjust) করা যায়।

(৫) ফিউজ-তারের সাহায্যে কোন মেশিন বা কোন বর্তনীকে কেবলমাত্র অতিরিক্ত তড়িৎ-প্রবাহের হাত হইতেই রক্ষা করা চলে, কিন্তু সারকিট ব্রেকার ইহা ছাড়া অত্যন্ত বিপদের হাত হইতেও মেশিনকে রক্ষা করিতে পারে। লাইনে বিভ্রাৎ সরবরাহ না থাকিলে, কিংবা সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ খুব বেশী কমিয়া গেলে, কিংবা তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ বিপরীত হইলে, আপনা হইতেই সারকিট ব্রেকার খুলিয়া যায়; তখন সরবরাহ লাইনের সহিত মেশিনের সংযোগও ছিন্ন হয়। এই উদ্দেশ্যে সারকিট ব্রেকারে ‘ওভার লোড রিলে’, ‘নো-ভোল্ট রিলে’, ‘রিভার্স-কারেন্ট রিলে’ প্রভৃতি সংযুক্ত করা থাকে।

(৬) নিয়ন্ত্রণকারী স্ফীচের সাহায্যে দূরবর্তী অথবা কোন স্থান হইতে সারকিট ব্রেকার খোলা বা বন্ধ করা চলে। মেশিন পরিচালনার ক্ষেত্রে এই ব্যবস্থার দ্বারা অনেক সময় অনেক সুবিধা লাভ করা যায়, কিন্তু ফিউজ-তার ব্যবহার করিলে এই ধরনের কোন সুবিধা পাওয়ার সম্ভাবনা থাকে না।

(৫) বাস-বার

যেখানে জেনারেটর হইতে কারেন্ট লইয়া কেবলমাত্র একটি মোটর চালাইবার, কিংবা একটি বাড়ীতে আলো দিবার, কিংবা একটি ব্যাটারি চার্জ করিবার কাজে ব্যবহার করা হয়, সেখানে লাইনের দুইটি তার শুধু সেই জায়গায় লইয়া গেলেই চলে। কিন্তু যখন জেনারেটর হইতে বিভিন্ন কাজের জন্ত বিভ্রাৎ সরবরাহ লওয়ার প্রয়োজন দেখা দেয় (যেমন প্রায় সর্বত্রই হইয়া থাকে), তখন শক্তি উৎপাদন এবং নিয়ন্ত্রণ ছাড়া তাহা বিতরণ করিবার ব্যবস্থাও উৎপাদন কেন্দ্রেই (power house) করিতে হয়। উৎপাদন কেন্দ্রে যেখানে এক বা একাধিক জেনারেটর চলে, সেই ঘরের দেয়ালের দিকে “স্ফীচ বোর্ড” (switch board) বলিয়া পরিচিত একটি অতি প্রয়োজনীয় আসবাব থাকে। তাহাতে সামনের দিকে যেমন রেগুলেটর, ফিউজ বা সারকিট ব্রেকার, স্ফীচ, অ্যান্টিটার, ভোল্টমিটার প্রভৃতি যাবতীয় যন্ত্রপাতি লাভানো থাকে,

পিছনের দিকে (উপরে একদিক হইতে অল্প দিক পৰ্যন্ত) তেমনি বাস-বার বলিয়া পরিচিত দুইটি (কিংবা প্রয়োজন হইলে তিনটি) তামা অথবা অ্যালুমিনিয়ামের চওড়া পাটি ইন্ডুলেটোরের উপরে অনুভূমিক (horizontal) অবস্থায় বসানো থাকে। ষে-কয়টি ডাইনামো চলে তাহাদের প্রত্যেকটির পজিটিভ লাইনের তার একটি বাস-বারে আর নেগেটিভ লাইনের তার অল্প একটি বাস-বারে বন্টুর (bolt) সাহায্যে ভালভাবে আটকানো থাকে। ইহাদের যথাক্রমে পজিটিভ বাস-বার ও নেগেটিভ বাস-বার বলা হয়। স্বতরাং একসঙ্গে যতগুলি ডাইনামো চলে, তাহা হইতে তড়িৎ প্রবাহিত হইয়া পজিটিভ বাস-বারে আসিয়া একত্রিত হয়। আবার যে লাইন দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ বাহিরের বর্তনীতে যায়, তাহার পজিটিভ তারও ঐ একই পজিটিভ বাস-বারের সঙ্গে আর নেগেটিভ তার ঐ একই নেগেটিভ বাস-বারের সঙ্গে লাগানো থাকে। এই সব লাইনকে ইংরাজিতে “ফীডার” (feeder) বলে। ফীডারের এইরূপ সংযোগের ফলে সবকয়টি জেনারেটার হইতে তড়িৎ প্রবাহিত হইয়া পজিটিভ বাস-বারে আসিয়া সেখান হইতে ভিন্ন ভিন্ন ফীডারের পজিটিভ তারে যায়, আর ফীডাবেব নেগেটিভ তার দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পুনরায় নেগেটিভ বাস-বারে ফিরিয়া আসিয়া জেনারেটারের নেগেটিভ লাইন দিয়া নিজের নিজের বর্তনী সম্পূর্ণ করে। জেনারেটারের এইরূপ সংযোগকেই “প্যার্যালেল সংযোগ” বলে।

সুইচ বোর্ডের পিছনে বাস-বার, তড়িৎ-বাহী তার এবং অল্পাংশ যে-সকল আসবাব থাকে তাহাদের সহজে চিনিবার জন্য পজিটিভ-দিকের সমস্ত তার ও তড়িৎ-বাহী অংশ সাধারণতঃ লাল রংয়ের দ্বারা আর নেগেটিভ-দিকের সমস্ত তার ও তড়িৎ-বাহী অংশ সাধারণতঃ নীল রংয়ের দ্বারা বর্ণ করা থাকে। ইহা ছাড়া কার্যক্ষেত্রে এমন কতকগুলি জায়গা পাওয়া যায় যাহাদের ঠিক পজিটিভের অন্তর্গতও বলা চলে না, আবার নেগেটিভের অন্তর্গতও বলা চলে না। এমন জায়গায় প্রদর কিংবা কাল রং ব্যবহার করাই প্রচলিত নিয়ম। ইহাতে কোন্ অংশ পজিটিভ আব কোন্ অংশ নেগেটিভ, তাহা দেখামাত্র ধরা পড়ে। যে-সকল জায়গায় অনেক সংযোগ একত্র করা থাকে, সেখানে এই পদ্ধতিতে রং করা থাকিলে কাজের অনেক সুবিধা হয়, আর সেই সঙ্গে বিপদের সম্ভাবনাও হ্রাস পায়।

একাধিক জেনারেটার একত্রে পরিচালনা

দুই বা ততোধিক জেনারেটার একত্রে পরিচালনা করিতে হইলে তাহাদের পরস্পরের সঙ্গে সিরিজেও সংযুক্ত করা যায়, আবার প্যার্যাললেলেও সংযুক্ত করা চলে। তবে কার্যক্ষেত্রে একাধিক জেনারেটার সিরিজে সংযুক্ত করিয়া পরিচালনা করা হয় কদাচিৎ। জেনারেটার সিরিজে সংযুক্ত করিলেই পরিচালনার ব্যাপারে কতকগুলি অসুবিধা দেখা দেয়, যে অসুবিধাগুলি জেনারেটার প্যার্যাললেলে সংযুক্ত থাকিলে দেখা যায় না। সেইজন্য কেবলমাত্র বিশেষ ধরনের দুই-একটি কাজে কখন কখন একাধিক সার্কিট বা সিরিজ জেনারেটার একত্রে সিরিজে পরিচালিত হইলেও সাধারণভাবে উৎপাদন কেন্দ্র-গুলিতে জেনারেটারসমূহ প্যার্যাললেলেই পরিচালিত হইয়া থাকে। জেনারেটার সিরিজে

চালাইতে গেলে যে-সকল অস্থবিধার সম্মুখীন হইতে হয়, নিম্নে তাহাদের সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল :—

(১) যখন একাধিক জেনারেটোর সিরিজে সংযুক্ত থাকে, তখন একটি জেনারেটোরের বর্তনী অপারটির বর্তনী হইতে আলাদা থাকে না, সবকয়টি জেনারেটোর একত্র হইয়া তড়িৎ-প্রবাহের বর্তনী সম্পূর্ণ করে। তাই যদি কোন একটি জেনারেটোরে গুণগোল দেখা দেয়, তবে বাকী মেসিনগুলিও অচল হইয়া পড়ে।

(২) লোড-সারকিটে তড়িৎ-শক্তির চাহিদা সর্বদা সমান থাকে না; লোড কমিলে শক্তির চাহিদা কমে, আবার লোড বাড়িলে শক্তির চাহিদাও বৃদ্ধি পায়। কিন্তু লোড ঠিকভাবে পরিচালনা করিতে হইলে উহার সকল অবস্থাতেই লাইনের ভোল্টেজ অপরিবর্তিত থাকি প্রয়োজন। অথচ সিরিজে সংযোগের ফলে লাইনের ভোল্টেজ সবকয়টি জেনারেটোরের প্রান্তিক চাপের সমষ্টির সমান হয়। সেইজন্য তড়িৎ-শক্তির চাহিদা যাহাই হউক না কেন, সিরিজে সংযুক্ত জেনারেটোরের সবকয়টিকেই সর্বদা চালু অবস্থায় রাখা দরকার, প্রয়োজনমত তাহাদের সংখ্যা হ্রাস বা বৃদ্ধি করা চলে না।

জেনারেটোর প্যার্যাললে চালাইতে গেলে কিন্তু উপরি-উক্ত অস্থবিধাগুলির একটিরও সম্মুখীন হইতে হয় না। তাই সচরাচর একাধিক জেনারেটোর একত্রে প্যার্যাললেলেই পরিচালনা করা হইয়া থাকে।

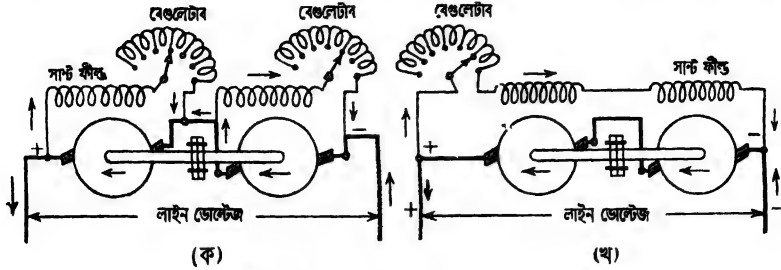
৫-৫। একাধিক ডি. সি. জেনারেটোর সিরিজে পরিচালনা (Series Operation of D. C. Generators)

যে দুই-একটি বিশেষ ধরনের কাজে তড়িৎ-শক্তি সরবরাহ করিবার জন্য একাধিক ডি. সি. জেনারেটোর সিরিজে সংযুক্ত করিয়া পরিচালনা করা প্রয়োজন হয়, তাহাদের সম্বন্ধে প্রথমে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইতেছে। সাধারণতঃ সার্শট এবং সিরিজ জেনারেটোরকেই সিরিজে ব্যবহার করিবার জন্য নির্বাচন করা হইয়া থাকে, কম্পাউণ্ড জেনারেটোরের এইরূপ ব্যবহার সচরাচর দেখা যায় না।

(১) সার্শট জেনারেটোর সিরিজে পরিচালনা (Series Operation of Shunt Generators)

যদি জেনারেটোরে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা বেশী ভোল্টেজ লাইনে প্রয়োজন হয়, তবে একাধিক সার্শট জেনারেটোর সিরিজে ব্যবহার করা যাইতে পারে। এইরূপ ক্ষেত্রে একই ভোল্টেজের দুইটি জেনারেটোর ব্যবহার করা চলে, আবার মেসিন দুইটি বিভিন্ন ভোল্টেজেরও হইতে পারে। যেখানে এইভাবে কাজ হয়, সেখানে ডাইনামো দুইটির শাফট কাপলিং (Coupling)-এর সাহায্যে একত্র জুড়িয়া ইঞ্জিন অথবা অন্য কোন প্রাইম মোভারের সাহায্যে ঘুরানো হয়, আর তাহাদের আর্মচার পরস্পরের সঙ্গে সিরিজে যুক্ত থাকে। মেসিনগুলির ফীল্ড-কয়েল দুইভাবে আর্মচারের সহিত সংযুক্ত করা যায়। ইহা ৮৮নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। ৮৮(ক)নং চিত্রে দুইটি জেনারেটোরের আর্মচারই কেবলমাত্র সিরিজে যুক্ত আছে, তাহাদের ফীল্ড নিজের নিজের আর্মচার হইতে উত্তেজন পাইতেছে—এইরূপ দেখানো হইয়াছে। এই ব্যবস্থায় দুইটি রেগুলেটোর

ব্যবহার করা প্রয়োজন। আর ৮০(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে যে, জেনারেটর দুইটির আর্থেচারের স্থায় ফীল্ড-কয়েল ও পরস্পরের সহিত সিরিজে সংযুক্ত আছে। এইরূপ সংযোগের ক্ষেত্রে একটিমাত্র রেগুলেটর ব্যবহার করিলেই চলে। এখন, এই দুই



দুইটি সার্ট জেনারেটরের সিবিজে সংযোগ

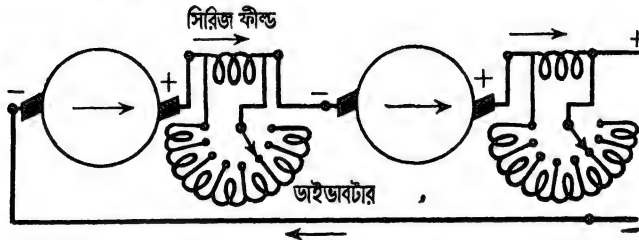
৮০নং চিত্র

রকম টিপায়েব সুবিধা-অসুবিধার কথা বলা হইতেছে। কাজে দুইয়েতেই চলে, তবে (ক) চিত্রে প্রদর্শিত সংযোগ অপেক্ষা (খ) চিত্রে প্রদর্শিত সংযোগের সাহায্যে বেশী সুবিধা পাওয়া যায়।

মনে কর, দুইটি জেনারেটরই অসুস্থরূপ আকৃতির (size) এবং সকল বিষয়েই তাহারা এক রকম। এখন, (ক) চিত্রে যেকপ দেখানো হইয়াছে সেইভাবে সংযোগ করিলে মেশিন পরিচালনার সময় যদি জেনারেটর দুইটির ফীল্ডের উত্তেজন এমন থাকে যে, প্রত্যেক মেশিনে লাইন-ভোল্টেজের অর্ধেক পরিমাণ তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, তবে মেশিন ঠিকভাবে চলিবে। আর যদি কোন একটি জেনারেটরের ফীল্ডের উত্তেজন সামান্য মাত্রাও কম হয়, তবে সেই মেশিনে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কম হইবে। ইহাতে ঐ জেনারেটরেব ফীল্ড দিয়া কিছু কম কারেন্ট প্রবাহিত হইবে, ফলে ফীল্ডের উত্তেজন আরও কমিবে এবং সেই সঙ্গে মেশিনে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ পুনরায় হ্রাস পাইবে। এইভাবে উত্তেজন আর চাপের একের উপর অন্তের প্রতিক্রিয়ার দ্বারা জেনারেটর বাহিরের বর্তনীতে যে তড়িৎ-শক্তি সরবরাহ করে তাহার পরিমাণ উত্তরোত্তর কমিতে থাকিবে, এবং একই সঙ্গে ইহার ফলস্বরূপ অন্য জেনারেটরটির উপর উত্তরোত্তর অতিরিক্ত লোড পড়িতে আরম্ভ করিবে। কিছুক্ষণের মধ্যেই হয়তো দেখা যাইবে যে, প্রথম মেশিনটির ফীল্ডের চুম্বকত্ব একেবারে নষ্ট হইয়া গিয়াছে, এমন কি এই চুম্বকত্ব হয়তো বিপরীত দিকেই উৎপাদিত হইয়াছে। এই রকম অবস্থায় তখন মেশিন বন্ধ করিয়া দিতে হইবে। কিন্তু যদি (খ) চিত্রের অসুস্থরূপ সংযোগ করা যায়, তবে এই দোষ কিছুতেই হইতে পারে না। এইভাবে সংযোগ করিলে উভয় জেনারেটরের ফীল্ড-কয়েল দিয়া একই তড়িৎ প্রবাহিত হয় বলিয়া উভয়েই সমানভাবে উত্তেজন লাভ করিতে বাধ্য থাকে। আর যেহেতু মেশিন দুইটির আর্থেচারও পরস্পরের সঙ্গে কাপলিং দিয়া আঁটা, অতএব তাহারা একই গতিবেগে ঘোরে। সুতরাং উভয় মেশিনে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কখন অসমান হইতে পারে না।

(২) সিরিজ জেনারেটর সিরিজে পরিচালনা (Series Operation of Series Generators)

একাধিক সিরিজ জেনারেটর সিরিজে সংযুক্ত করিয়া পরিচালনা করিলে কাজ বেশ ভালভাবেই চলে। সিরিজে সংযোগের ফলে লাইনের ভোল্টেজ সবকয়টি জেনারেটরের প্রান্তিক চাপের সমষ্টির সমান হয়। কিন্তু এই ব্যবস্থায় লাইনের তড়িৎ-প্রবাহ কম বা বেশী করা যায় না। লাইনের কারেন্ট কম বা বেশী করিতে গেলে প্রত্যেক জেনারেটর দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণও কম বা বেশী হয়, আর তাহা সিরিজ জেনারেটরের বিশিষ্টতার বিপরীত হইয়া দাঁড়ায়। সিরিজ ডাইনামোকে “কন্সট্যান্ট কারেন্ট জেনারেটর” (Constant Current Generator) বলা হয়। তড়িৎ-শক্তির পরিমাণ কম-বেশী করিতে হইলে ডাইভারটারের সাহায্যে জেনারেটরের ভোল্টেজ কম-বেশী করিয়া মোট শক্তির পরিমাণ কম বা বেশী করা যায়, কিন্তু তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ সমান রাখা থাকে। যখন সিরিজে সংযুক্ত একাধিক আর্ক ল্যাম্পের (arc lamp) সাহায্যে রেল স্টেশন, ষ্টিমারের জেটি, কারখানার খোলা জায়গা প্রভৃতি স্থানে আলোর ব্যবস্থা করা হয়, তখন এই সকল বাতি জ্বলাইবার জন্য দুই বা ততোধিক সিরিজ ডাইনামো সিরিজে চালাইয়া বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হইয়া থাকে। দুইটি সিরিজ ডাইনামো পরস্পরের সহিত কিরূপে সিরিজে সংযুক্ত থাকে, তাহা চানং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।



দুইটি সিরিজ ডাইনামোর পরস্পরের সহিত সিরিজে সংযোগ

চানং চিত্র

ইউরোপের কোন কোন জায়গায় অল্পবর্তী তড়িৎ-প্রবাহের সাহায্যে ৫০,০০০ ভোল্ট তড়িৎ-চাপে এক স্থান হইতে অন্য স্থানে বৈদ্যুতিক শক্তি প্রেরণ করিবার ব্যবস্থা প্রচলিত আছে। সেখানে কয়েকটি সিরিজ জেনারেটর একত্রে সিরিজে পরিচালনা করিয়া এই উচ্চ তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন করা হয়, এবং বৈদ্যুতিক শক্তি প্রেরণ করিবার সময় তড়িৎ-প্রবাহ সর্বদা সমান রাখা থাকে। ইহাকে “থুরী পদ্ধতি” (Thury System) বলে। এই পদ্ধতির ব্যবহার আজকাল অবশ্য বিশেষ দেখা যায় না।

৫-৬। ডি. সি. জেনারেটর প্যার্যাললেলে পরিচালনা (Parallel Operation of D. C. Generators)

লোড-সার্কিটে যে পরিমাণ বৈদ্যুতিক শক্তির চাহিদা থাকে, তাহার সমস্তটা একটি-মাত্র বড় জেনারেটরের সাহায্যে উৎপন্ন না করিয়া অধিকাংশ উৎপাদন কেজ্রেই

অপেক্ষাকৃত ছোট ছোট কয়েকটি জেনারেটর একত্রে প্যার্যাললে পরিচালনা করিয়া উৎপন্ন করা হয়। ইহার কারণসমূহ নিম্নে দেওয়া হইল :—

(১) একটি বড় জেনারেটর অপেক্ষা অনেকগুলি ছোট ছোট জেনারেটর অনেক বেশী নির্ভরযোগ্য, কারণ ছোট মেশিনগুলির কোন একটি বিকল হইয়া গেলে বিদ্যুৎ সরবরাহ সম্পূর্ণরূপে বন্ধ হইয়া যায় না।

(২) লোড-সার্কিটে বৈদ্যুতিক শক্তির চাহিদা সর্বদা সমান থাকে না, কখন বাড়ে, কখন কমে। যদি একাধিক জেনারেটর প্যার্যাললে সংযুক্ত থাকে, তবে শক্তির চাহিদা বৃদ্ধি পাইলে অধিক সংখ্যক মোসন চালু রাখা যায়, আবার শক্তির চাহিদা কমিয়া গেলে দুই-একটি মেশিনকে বন্ধ রাখিয়া বিশ্রাম দেওয়া চলে। ইহাতে প্রত্যেকটি মেশিনে সর্বদাই পূরা লোড পড়ে, আর উৎপাদন কেন্দ্রের কর্মক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। তাড়িৎ-শক্তি উৎপাদনের খরচও সেই সঙ্গে বেশ কিছুটা কমিয়া যায়।

(৩) উৎপাদন কেন্দ্রে যদি একাধিক জেনারেটর থাকে, তবে কোন একটি মেশিনে গোলযোগ দেখা দিলে তাহা খুব সহজেই সারানো যায়।

(৪) লোড-সার্কিটের যত প্রসার ঘটে, উৎপাদন কেন্দ্রে ততই বেশী সংখ্যক জেনারেটর সংস্থাপন করা চলে।

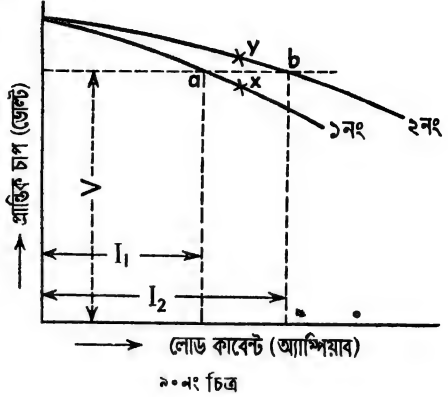
(৫) উৎপাদন কেন্দ্রে কেবলমাত্র একটি জেনারেটর থাকিলে লোড-সার্কিটে শক্তির চাহিদা অনেক সময়েই উৎপাদিত শক্তির পরিমাণ অপেক্ষা বেশী হইয়া দাঁড়াইতে পারে।

(১) সান্ট জেনারেটর প্যার্যাললে পরিচালন (Parallel Operation of Shunt Generators)

লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে প্রান্তিক চাপ কমিতে আবশ্য করে (drooping characteristic) বলিয়া সান্ট জেনারেটর প্যার্যাললে পরিচালনা করিবার পক্ষে অতিশয় উপযোগী। ১০নং চিত্রে দুইটি সান্ট জেনারেটরের বিশিষ্টতা-রেখা যথাক্রমে ১নং রেখা ও ২নং রেখা হিসাবে চিহ্নিত করিয়া দেখানো হইয়াছে। এই রেখা দুইটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, লোডশূন্য অবস্থায় উভয় মেশিনের ভোল্টেজ সমান থাকিলেও সমপরিমাণ লোড বৃদ্ধি পাইলে ১নং জেনারেটরের প্রান্তিক চাপ ২নং জেনারেটরের প্রান্তিক চাপ অপেক্ষা অধিক হ্রাস পায়। এখন, যদি জেনারেটর দুইটি প্যার্যাললে সংযুক্ত করিয়া চালানো যায়, তবে তাহাদের প্রান্তিক চাপ অবশ্যই সমান থাকিবে। মনে কর, এই চাপের পরিমাণ V -ভোল্ট, এবং ১নং জেনারেটর বিশিষ্টতা-রেখার a -বিন্দুতে পরিচালিত হইয়া I_1 -অ্যাম্পিয়ার ও ২নং জেনারেটর বিশিষ্টতা-রেখার b -বিন্দুতে পরিচালিত হইয়া I_2 -অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করিতেছে। I_2 অপেক্ষা I_1 অবশ্যই পরিমাণে কম হইবে।

এইবার মনে কর, পরিচালন ব্যবস্থায় সাময়িকভাবে এমন কোন অবস্থার সৃষ্টি হইল যাহাতে ১নং জেনারেটর, তাহার পক্ষে যে পরিমাণ কারেন্ট সরবরাহ করা উচিত, তাহা অপেক্ষা অধিক কারেন্ট সরবরাহ করিতে আরম্ভ করিল। প্রাইম মুভারের গতিবেগ

সাময়িকভাবে বৃদ্ধি পাইলে, কিংবা বর্তনীতে লোডের অকস্মাৎ পরিবর্তন ঘটিলে, এই অবস্থার সৃষ্টি হইতে পারে। কিন্তু স্বাভাবিক অবস্থা ফিরিয়া আসিবার পরেও যদি ১নং জেনারেটোর অধিক পরিমাণ কারেন্ট সরবরাহ করিতে থাকে, তবে উহা বিশিষ্টতা-রেখার a -বিন্দুতে পরিচালিত না হইয়া x -বিন্দুতে পরিচালিত হইবে এবং উহার প্রান্তিক চাপ আরও কমিয়া যাইবে, তখন এই মেশিন আপনা হইতেই কম কারেন্ট সরবরাহ কবিত্তে আবদ্ধ করিবে। তাহা ছাড়া, বর্তনীতে লোডের পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া ১নং জেনারেটোর যখন অধিক পরিমাণ কারেন্ট সরবরাহ কবিত্তে আরম্ভ করে, ২নং জেনারেটোর তখন অপেক্ষাকৃত কম কারেন্ট সরবরাহ করে, ফলে ২নং মেশিন বিশিষ্টতা-রেখার b -বিন্দুতে পরিচালিত না হইয়া y -বিন্দুতে পরিচালিত হইবে, এবং প্রান্তিক চাপ

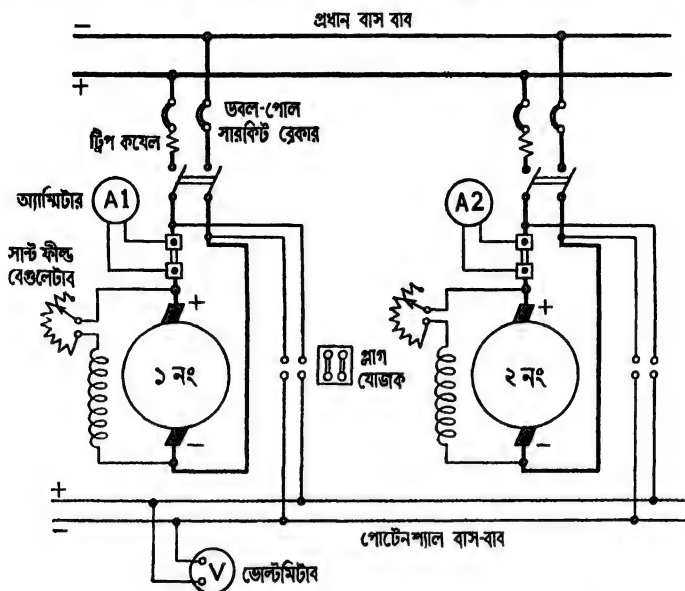


বৃদ্ধি পাওয়াতে এই মেশিন তখন অধিক পরিমাণ কারেন্ট সরবরাহ করিতে বাধ্য হইবে। সুতবাং দেখা যাইতেছে যে, কোন একটি জেনারেটোর তাহার পক্ষে যে পরিমাণ কারেন্ট সরবরাহ করা উচিত, তাহা অপেক্ষা যখন অধিক কারেন্ট সরবরাহ করিতে উত্তম হয়, তখন ভোল্টেজের এমন পরিবর্তন দেখা দেয় যে, মেশিনের সেই উত্তম বাধা পায়। সেইজন্য প্যার্যাললে সংযুক্ত থাকিলে সাঁচ জেনারেটাব “স্থায়ী সাম্যাবস্থায়” (stable equilibrium) পরিচালিত হয়, এইরূপ বলা হইয়া থাকে। পরিচালনার সময় যে-সকল বিভিন্ন ধরনের প্রতিক্রিয়া দেখা দেয়, তাহাই মেশিনগুলিকে সঠিকভাবে প্যার্যাললে ধরিয়া রাখে। তাহা ছাড়া, বর্তনীতে লোডের পরিমাণ কম বা বেশী হইলে প্রত্যেক মেশিনই কিছু পরিমাণ কম বা বেশী কারেন্ট সরবরাহ করিতে থাকে।

(২) একাধিক সাঁচ জেনারেটোরের প্যার্যাললে সংযোগ (Connections of Shunt Generators in Parallel)

যেখানেই সাঁচ জেনারেটোরের সাহায্যে বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপন্ন করা হয়, সেখানেই সাধারণতঃ দুই বা ততোধিক মেশিন একত্রে প্যার্যাললে পরিচালনা করা হইয়া থাকে। সবকয়টি জেনারেটোরই যে সমান ক্ষমতাসম্পন্ন হইবে এমন কোন নিয়ম নাই, তবে প্রত্যেক মেশিনের প্রান্তিক চাপ অবশ্যই লাইন-ভোল্টেজের সমান হইতে হইবে। প্যার্যাললে পরিচালনা করিবার জন্য দুইটি সাঁচ জেনারেটোরের সংযোগ কিরূপ হওয়া উচিত, তাহা ১১নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। প্রত্যেকটি জেনারেটোরের একটি করিয়া নিজস্ব অ্যান্টিটার থাকা প্রয়োজন, কিন্তু সমগ্র উৎপাদন কেন্দ্রে একটিমাত্র

ভোল্টমিটার থাকিলেই কাজ চলে। প্রত্যেক মেশিনের পজিটিভ লাইনের তার স্ৱিচ, অ্যান্ডিটার ও সার্কিট ব্রেকার হইয়া পজিটিভ বাস-বারে আর নেগেটিভ লাইনের তার স্ৱিচ ও সার্কিট ব্রেকার হইয়া নেগেটিভ বাস-বারে সংযুক্ত থাকে। এই দুই বাস-বার উৎপাদন কেন্দ্রেব প্রধান বাস-বার রূপে পরিচিত। কিন্তু ভোল্ট-



প্যারা লেলে পরিচালনাব জঙ্ঘ স ন্ট জেনারেটোরের সংযোগ

৯১নং চিত্র

মিটার সংযুক্ত থাকে আবও এক জোড়া অপেক্ষাকৃত সৰু বাস-বারেব মধ্যে। ইহাকে “পোটেনশ্যালবাস-বার” (potential bus-bars) বলে। জেনারেটরগুলির প্রত্যেকটিকে আলাদা আলাদা ভাবে “প্লাগ যোজক” (plug connector)-এর দ্বারা অথবা “সিলেক্টিভ স্ৱিচ” (selective switch)-এর সাহায্যে ভোল্টমিটার বা পোটেনশ্যাল বাস-বারের সহিত সংযুক্ত করা চলে। এই প্রথায় ভিন্ন ভিন্ন জেনারেটরকে উহাব নিজস্ব ইঞ্জিন দিয়া চালানো হয়।

এখন মনে কর, ২নং জেনারেটর বন্ধ অবস্থায় আছে, আর ১নং জেনারেটর চালু থাকিয়া লোড সার্কিটের চাহিদা অস্থায়ী বৈদ্যুতিক শক্তির সমস্তটাই সরবরাহ করিতেছে। কিন্তু লোড বেশী হওয়ায় এইবার উৎপাদন কেন্দ্রে ২নং মেশিনকে চালু করিয়া ১নং-এর সহিত প্যারাললে সংযুক্ত করিবার প্রয়োজন দেখা দিল। তখন নিম্নলিখিত পদ্ধতি অবলম্বন করিতে হইবে :—

প্রথমে ২নং জেনারেটোরের প্রাইম মুভারকে চালু করিয়া মেশিনটিকে উহার নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘুরাইতে হইবে। এই সময় জেনারেটোরের স্ৱিচ খোলা থাকিবে, আর উহার

রেগুলেটোরের হাতল এমনভাবে রাখা থাকিবে যাহাতে রেগুলেটোরের পূরা রেজিস্ট্যান্স ফীল্ড-সারকিটে যুক্ত হইয়া ফীল্ড দিয়া সর্বাপেক্ষা কম কারেন্ট পাঠাইতে পারে। জেনারেটোর উপযুক্ত বেগে ঘুরিতেছে কিনা, তাহা ট্যাকোমিটার দিয়া দেখিয়া লইয়া দরকার-মত ইঞ্জিনের গতিবেগ কম বা বেশী করিয়া দিতে হইবে। এখন যদি জেনারেটোরকে পোটেন্শিয়াল বাস-বারের সহিত সংযুক্ত করা যায়, তবে ভোল্টমিটারে কিছু ভোল্টেজ দেখাইবে। তখন রেগুলেটোরের হাতল একটু একটু করিয়া ঘুরাইয়া উহার রেজিস্ট্যান্স কম করিতে আরম্ভ করিলে ২নং জেনারেটোরের আর্মচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ উত্তরোত্তর বৃদ্ধি পাইতে থাকিবে, এবং ক্রমে সেই চাপ বাস-বার ভোল্টেজের সমান হইয়া দাঁড়াইবে। ইহাই মেসিনের স্তইচ মারিবার উপযুক্ত সময়। এই সময় ২নং-এর স্তইচ এবং সারকিট ব্রেকার বন্ধ করিয়া দিলেই মেসিনটি ১নং জেনারেটোরের সহিত প্যার্যাললে সংযুক্ত হইবে। কিন্তু ২নং জেনারেটোরের আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ বাস-বার ভোল্টেজের সমান থাকায়, আর দুই বিন্দুর তড়িৎ বিভব সমান হইলে তাহাদের মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইতে পারে না বলিয়া, এই অবস্থায় ২নং জেনারেটোরে কোন লোড পড়িবে না। তখন জেনারেটোরটি বাস-বারের উপর “ভাসমান” বা “ফ্লোটিং” (floating) অবস্থায় আছে, এইরূপ বলা হইবে। যদি এই জেনারেটোরকে লোড-সারকিটে তড়িৎ সরবরাহ করিতে হয়, তবে উহার আর্মচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপকে বাস-বারের ভোল্টেজ অপেক্ষা অবশ্যই বেশী হইতে হইবে। সেইজন্য ধীরে ধীরে রেগুলেটোরের হাতল ঘুরাইয়া ফীল্ড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স আরও কম করিতে হইবে, আর তখন একটু একটু করিয়া ২নং মেসিনের ফীল্ডের উত্তেজন বৃদ্ধি পাইতে থাকায় ঐ মেসিনের লোডের পরিমাণও বৃদ্ধি পাইবে। একই সঙ্গে যদি ১নং জেনারেটোরের ফীল্ডের উত্তেজন কমানো এবং ২নং জেনারেটোরের ফীল্ডের উত্তেজন বাড়ানো যায়, তবে আরও সহজে ২নং মেসিনে লোড দেওয়া চলে। ইহাতে ২নং মেসিনের প্রান্তিক চাপ বাস-বার ভোল্টেজের সমানই থাকে, কেবল উহা বাহিরের বর্তনীতে যে কারেন্ট সরবরাহ করে, তাহার পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। এই অবস্থা মেসিনগুলির অ্যাম্পিটারের নির্দেশ হইতেই জানা যাইবে—অ্যাম্পিটার (A_1)-এর নির্দেশ (reading) ধীরে ধীরে কমিতে থাকিবে, আর একই সঙ্গে অ্যাম্পিটার (A_2)-এর নির্দেশ ধীরে ধীরে বৃদ্ধি পাইবে।

অতএব দেখা যাইতেছে যে, একাধিক জেনারেটোর যখন প্যার্যাললে চলে, তখন কোন মেসিন কত লোড লইবে, তাহা সম্পূর্ণরূপে নির্ভর করে সেই মেসিনের ফীল্ড-কারেন্টের উপর। ফীল্ডে তড়িৎ-প্রবাহ বৃদ্ধি পাইলেই জেনারেটোর পূর্বাপেক্ষা অধিক লোড গ্রহণ করে, আর ফীল্ডের কারেন্ট কমিয়া গেলে সঙ্গে সঙ্গে লোডের পরিমাণও কমিয়া যায়। সুতরাং কেবলমাত্র ফীল্ডের উত্তেজনকে নিয়ন্ত্রণ করিয়াই প্যার্যাললে পরিচালিত দুইটি জেনারেটোরের মধ্যে ইচ্ছানুযায়ী সমগ্র লোডকে ভাগ করিয়া দেওয়া যাইতে পারে, অর্থাৎ প্রয়োজনমত কোন একটি মেসিনে অধিক লোড আর অন্য একটি মেসিনে অপেক্ষাকৃত কম লোড দেওয়া চলে।

একাধিক মেশিন যখন প্যার্যাললেলে চলিতে থাকে, তখন তাহাদের মধ্যে কোন একটি মেশিনকে বন্ধ করিতে হইলে চালু করার বিপরীত পদ্ধতি অবলম্বন করিতে হয়। মনে কর, বর্তমান সমস্ত লোড ২নং জেনারেটরের উপর দিয়া এইবার ১নং জেনারেটরকে বন্ধ করিতে হইবে। এই কাজে প্রথমে রেগুলেটরের হাতল ঘুরাইয়া ধীরে ধীরে ১নং মেশিনের ফীল্ড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স বাড়াইতে হইবে। ইহাতে ১নং-এর উত্তেজন কমিয়া আসিবে, আর সঙ্গে সঙ্গে অ্যাম্ফিটার (A_1)-এর কাঁটা শূন্যমানের দিকে সরিতে থাকিবে। কিন্তু বর্তনীতে লোডের পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকায় একই সঙ্গে অ্যাম্ফিটার (A_2)-এর নির্দেশ ক্রমশঃ বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করিবে। এই সময় ২নং জেনারেটরের উত্তেজন একটু একটু করিয়া বাড়াইয়া দিলে আরও ভাল কাজ পাওয়া যাইবে। যখন (A_1) এর কাঁটা শূন্যমানে আসিয়া দাঁড়াইবে, তখন ১নং মেশিনের সুইচ খুলিতে হইবে।

অ্যাম্ফিটারে যতক্ষণ কারেন্ট দেখায়, ততক্ষণ জেনারেটরের সুইচ খোলা উচিত নহে। ঐ সময় সুইচ খুলিলে সুইচের কন্ট্যাক্টে আগুন দেয়। প্যার্যাললেলে সংযুক্ত একাধিক জেনারেটরের মধ্যে কোন একটিকে যখন বন্ধ করিবার প্রয়োজন দেখা দেয়, তখন সর্বদাই উহার উত্তেজনকে কমাইয়া তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ শূন্যমানে আনিয়া দাঁড় করাইতে হয়। তাহা না করিয়া যদি কেহ মেশিনের সুইচ খুলিতে যায়, তবে সুইচের কন্ট্যাক্টে ভীষণভাবে আগুন দেয়। শুধু তাহাই নহে। অকস্মাৎ অধিক পরিমাণ লোড তখন অল্প চালু মেশিনের উপর আসিয়া পড়ে বলিয়া সেই মেশিনের গ্রাইম যুভার (অর্থাৎ পরিচালক ইঞ্জিন) গুরুতর আঘাত পায় এবং সমগ্র উৎপাদন ব্যবস্থায় এক বিপর্যয় দেখা দেয়।

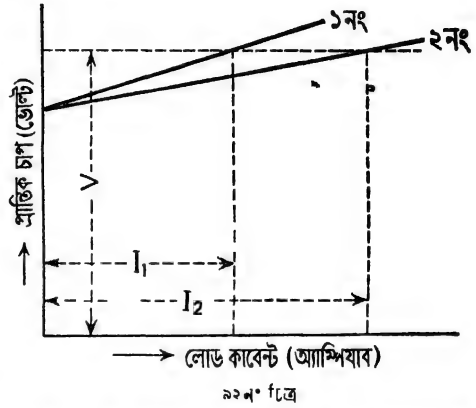
সুইচ খুলিবার পরে প্রথমে রেগুলেটরের হাতল আরও ঘুরাইয়া ১নং জেনারেটরের ফীল্ড-সারকিটে পূরা রেজিস্ট্যান্স যোগ করিতে হইবে, পরে ইঞ্জিন বন্ধ করিয়া দিলেই মেশিন সম্পূর্ণ বিশ্রাম পাইবে।

প্যার্যাললেলে পরিচালিত শাণ্ট জেনারেটরগুলির মধ্যে লোডকে সকল অবস্থাতেই স্বাভাৱে সুষ্টভাবে বণ্টন করা যায়, সেইজন্য সবকয়টি মেশিনের বিশিষ্টতা-রেখা এক রকম হওয়া প্রয়োজন এবং লোডশূন্য অবস্থা হইতে পূরা লোড পর্যন্ত সকল মেশিনেই তড়িৎ-চাপের পতন সমান হওয়া আবশ্যক।

(৩) কম্পাউণ্ড জেনারেটর প্যার্যাললেলে পরিচালন (Parallel Operation of Compound Generators)

প্যার্যাললেলে সংযুক্ত দুইটি কম্পাউণ্ড জেনারেটরের বিশিষ্টতা-রেখা ২২নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। মেশিন দুইটির পজিটিভ টার্মিনাল পজিটিভ বাস-বারে এবং নেগেটিভ টার্মিনাল নেগেটিভ বাস-বারে সংযুক্ত আছে, আর উভয় মেশিনই উপযুক্ত লোডসহ পরিচালিত হইতেছে।

এখন মনে কর. কোন কারণে ১নং জেনারেটোর অধিক পরিমাণ লোড লইতে আরম্ভ করিল, অর্থাৎ এই মেশিন বাস-বারে পূর্বাপেক্ষা অধিক কারেন্ট সরবরাহ করিতে শুরু করিল। ইহাতে ১নং মেশিনের সিরিজ ফীল্ড অবশ্যই বেশী উত্তেজন পাইবে, এবং উহার আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পাইয়া এই মেশিনকে আরও বেশী লোড লইতে বাধ্য করিবে। অপরদিকে সমগ্র লোডের পরিমাণ কম বা বেশী হওয়ার কোন কারণ না থাকায় হিসাবমতই ২নং জেনারেটোরের লোড কমিতে আরম্ভ করিবে; ফলে এই মেশিনের সিরিজ ফীল্ডের উত্তেজন ও সেই সঙ্গে আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কমিয়া গিয়া উহার লোড আবণ্ড কমাইয়া দিবে। কিছুক্ষণের মধ্যেই বাহিবের সমস্ত লোড ১নং জেনারেটোরের ঘাড়ে আসিয়া পড়িবে, আব ২নং জেনারেটোর হইতে লোড আপনা আপনি সরিয়া যাইবে। কেবল তাহাই নহে, ২নং মেশিনের ফীল্ডে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ বিপরীত হইয়া

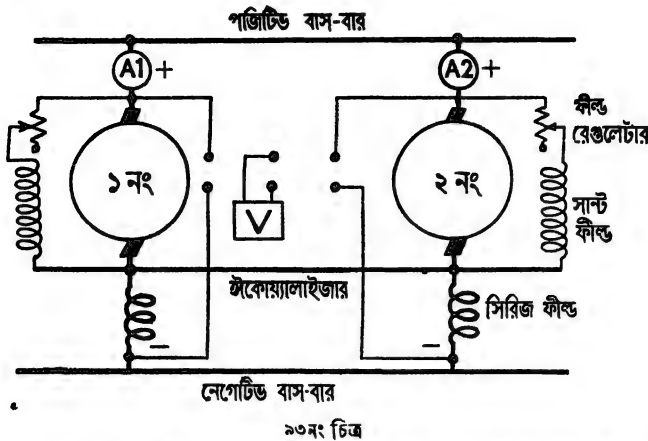


উহার আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপকেও বিপরীতমুখী করিবে। তখন ঐ মেশিন মোটর হিসাবে চলিতে চেষ্টা করিবে, আব তাহার পরের মুহূর্তে অন্ততঃপক্ষে একটি মেশিনের সার্কিট ব্রেকাব খুলিয়া যাইবে। এই কারণেই সাধারণভাবে প্যাব্যালেলে সংযুক্ত থাকিলে কম্পাউণ্ড জেনারেটাব “অস্থায়ী সাম্যাবস্থা” (unstable

equilibrium) পরিচালিত হয়, এইরূপ বলা হইয়া থাকে, অর্থাৎ প্যাব্যালেলে চলিবার সময় কোন কারণে যদি একটি কম্পাউণ্ড জেনারেটাব উহার সাম্যাবস্থা হইতে সরিয়া যায়, তবে তাহার ফলস্বরূপ যে-সকল প্রতিক্রিয়া উদ্ভব হয়, তাহা মেশিনকে আবণ্ড বেশী অস্থায়ী অবস্থার দিকে ঠেলিয়া দেয়।

কম্পাউণ্ড জেনারেটোর সঠিকভাবে প্যাব্যালেলে চালাইতে হইলে সবকয়টি মেশিনের সিরিজ ফীল্ডকে একটি অতিরিক্ত বাস-বারের সাহায্যে প্যাব্যালেলে সংযুক্ত করিয়া দিতে হয়। এই বাস-বারকে ইংরাজিতে “ইকোয়ালাইজিং বাস-বার” (Equalizing Bus-bar) বা “ইকোয়ালাইজার” (Equalizer) বলে। ৯৩নং চিত্রে এই সংযোগ দেখানো হইয়াছে। এইরূপ সংযোগের ফলে দুইটি জেনারেটোরের মধ্যে কোন একটি যদি পূর্বাপেক্ষা অধিক লোড লয়, তবে উহার আর্মেচার যে অতিরিক্ত কারেন্ট বাস-বারে পাঠাইতে শুরু করে, তাহার সমস্তটা কেবলমাত্র ঐ মেশিনের সিরিজ ফীল্ড দিয়াই প্রবাহিত হইতে পারে না। অতিরিক্ত তড়িৎ-প্রবাহের কিছু অংশ তখন ১নং জেনারেটোরের সিরিজ ফীল্ড দিয়া, আর বাকী অংশ ২নং জেনারেটোরের সিরিজ ফীল্ড দিয়া, প্রবাহিত হয়। ফলে উভয় জেনারেটোরের

মধ্যেই অল্পরূপ প্রতিক্রিয়া দেখা দেয়, আর পূর্বের স্থায় কেবলমাত্র ১নং মেনিনের ঘাড়েই সমস্ত লোড আসিয়া পড়িতে পারে না।

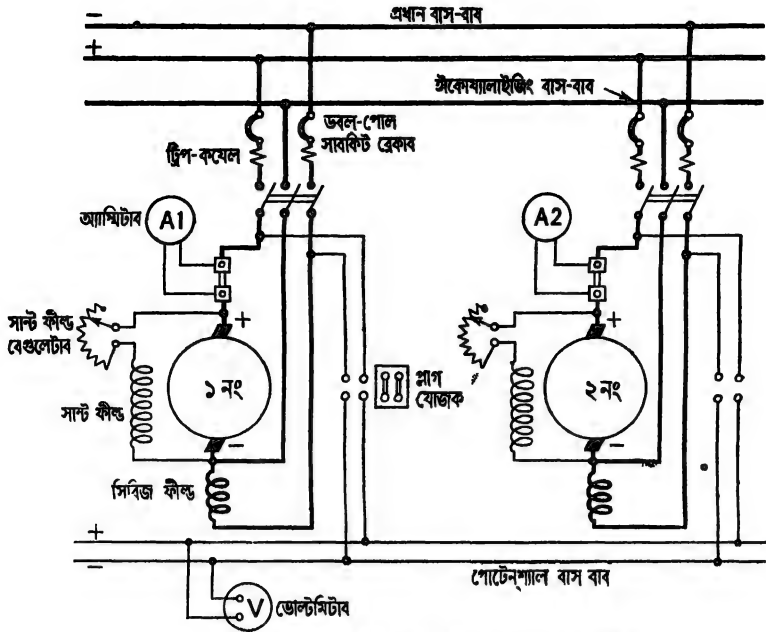


(৪) একাধিক কম্পাউণ্ড জেনারেটরের প্যার্যাললে সংযোগ (Connections of Compound Generators in Parallel)

দুই বা ততোধিক কম্পাউণ্ড জেনারেটর যখন প্যার্যাললে পরিচালিত হয়, তখন প্রত্যেকটি মেনিন লোডশুল্ক অবস্থা হইতে পূরা লোড পর্যন্ত যাহাতে উঠাব ক্ষমতা অল্পমাত্রী বিদ্যুৎ সরবরাহ করিতে পারে, সেইজন্য নিম্নলিখিত শর্ত দুইটি পূরণ হওয়া আবশ্যক :

- (১) প্রত্যেক মেনিনের আর্মচারের রেগুলেশন সমান হওয়া প্রয়োজন।
- (২) মেনিনের সিরিজ ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স উহার ক্ষমতার বিপরীত অল্পপাতি হওয়া চাই, অর্থাৎ যে মেনিনের ক্ষমতা যত বেশী, তাহাব সিরিজ ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্সও তত কম হওয়া দরকার।

প্যার্যাললে চালাইতে গেলে দুইটি কম্পাউণ্ড জেনারেটরকে বাস-বারে কিরূপে সংযুক্ত করিতে হয়, তাহা ২৪নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। সাঁট জেনারেটরের স্থায় ইহাতেও প্রত্যেকটি মেনিনের একটি করিয়া নিজস্ব অ্যাম্পিটার থাকে, আর ভোল্টমিটার সংযুক্ত থাকে এক জোড়া পোটেন্সিয়াল বাস-বারের মধ্যে। আর্মচারের যে প্রান্তে অ্যাম্পিটার সংযুক্ত থাকে যদি সেই প্রান্তে সিরিজ ফীল্ডকেও যুক্ত করা হয়, তবে মেনিনের পূরা কারেন্ট অ্যাম্পিটার দিয়া প্রবাহিত হইতে পারে না, কিছু কারেন্ট ইকোয়ালাইজিং বাস-বার দিয়া বাহিরে চলিয়া যায়। তখন অ্যাম্পিটারের নির্দেশে তড়িৎ-প্রবাহের সঠিক পরিমাণ ধরা পড়ে না। এই অসুবিধা দূর করিতে হইলে আর্মচারের পজিটিভ প্রান্তের সহিত অ্যাম্পিটার, আর নেগেটিভ প্রান্তের সহিত সিরিজ ফীল্ড-কয়েল, সিরিজে সংযুক্ত করা উচিত। ২৪নং চিত্রে মেনিনের এইরূপ সংযোগই দেখানো হইয়াছে।



প্যারালেল পরিচালনার জন্য কম্পাউণ্ড জেনারেটরের সংযোগ

৯৪নং চিত্র

কম্পাউণ্ড জেনারেটরে সিবিজ ফীল্ড থাকিলেও বেঞ্জলেটাবেব সাহায্যে কেবলমাত্র উহাব সাট ফোল্ডেব উত্তেজনকে নিয়ন্ত্রণ কবিয়াই আর্থেচাবে আনিষ্ট তডিং-চাপেব পবিমাণ নিয়ন্ত্রণ কবা হয়। আব, কোন একটি মেসিনকে চালু কবিয়া বাস-বাবে অন্ত্রান্ত জেনারেটাবেব সহিত প্যাব্যালেলৈ সংযুক্ত কবিবাব সময়, কিংবা ধীবে ধীবে লোড অপসাবণ কবিয়া কোন একটি মেসিনকে বন্ধ কবিবাব সময়, সান্ট জেনারেটাবেব ক্ষেত্রে ধে-সকল পদ্ধতি অনুসরণ কবা হয়, কম্পাউণ্ড জেনারেটাবেব ক্ষেত্রেও ঐ সকল পদ্ধতি-ই অবলম্বন কবা হইয়া থাকে।

(৫) সিরিজ জেনারেটর প্যার্যালেলৈ পরিচালন (Parallel Operation of Series Generators)

একাধিক সিরিজ জেনারেটর প্যার্যালেলৈে চলাইতে গেলে কম্পাউণ্ড জেনারেটরের ন্যায় ঐ মেসিনের সহিতও ইকুইপমেন্টাল বাস-বাস ব্যবহার কবিত্তে হয়; কারণ এক্ষেত্রেও সবগুলি সিরিজ ফীল্ড প্যার্যালেলৈে সংযুক্ত না থাকিলে পরিচালনাব সময় কোন একটি মেসিনের সাম্যাবস্থায় যদি অস্থায়ীভাব দেখা দেয়, তবে উদ্ভয়োত্তর সেই ভাব বৃদ্ধি পাইতে থাকে। পরিচালনার অন্ত্রান্ত দিকেও ঐ মেসিনের ক্ষেত্রে কম্পাউণ্ড মেসিনের অনুকূপ পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়। তবে সম্ভব কারণেই (যে কারণ সম্বন্ধে ইতিপূর্বে আলোচনা করা হইয়াছে) উৎপাদন কেন্দ্রসমূহে সচরাচর সিরিজ

জেনারেটর প্যার্যাললে পরিচালনা করিয়া তড়িৎ-শক্তি উৎপন্ন করিতে দেখা যায় না।

**(৬) প্যার্যাললে চলাকালীন জেনারেটরের মধ্যে লোডের বিভাগ-
(Division of Loads among Generators Running in Parallel)**

যখন একই আকারের দুইটি জেনারেটর একত্রে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিতে থাকে, তখন প্রত্যেকে পূরা চাহিদার অর্ধেক সরবরাহ করিবে বঙ্গিয়া মনে হওয়াই স্বাভাবিক। কিন্তু এই প্রশ্নের অল্প দিকও আছে। যদি এত বেশী শক্তি সরবরাহ করিতে হয় যে দুইটি মেনিনেই পূরা লোড পড়ে, তখন অবশ্য প্রত্যেকে অর্ধেক লোডই বহন করিবে। কিন্তু যদি চাহিদা তত বেশী না হয়, তবে একটি জেনারেটরের উপর পূরা লোড দিয়া বাকী অংশ অপর মেনিন হইতে লওয়া—এই প্রথাও প্রচলিত আছে; কারণ মেনিন যত বেশী পূরা লোডে চলিতে পায়, তাহার কর্মক্ষমতাও তত বেশী হয়। ইহাতে উৎপাদন কেন্দ্রের লাভ বেশী। তবে কার্ষক্ষেত্রে কি ব্যবস্থা অবলম্বন করা হইবে, তাহা ভারপ্রাপ্ত ইঞ্জিনিয়ারই ঠিক করিয়া থাকেন।

প্যার্যাললে চলিবার সময় যদিও সবকয়টি জেনারেটরের প্রান্তিক চাপই (terminal voltage) সমান থাকে, কিন্তু ইহা হইতে তাহাদের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ (induced e. m. f.) কত তাহা বুঝা যায় না, বুঝা যায় তাহারা কে কত তড়িৎ সরবরাহ করিতেছে, তাহা দেখিয়া। যে মেনিনের আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ যত বেশী হয়, সেই মেনিন লোডের তত বেশী অংশ গ্রহণ করে।

সান্ট ডাইনামোর বাহিরের বিশিষ্টতা-রেখা হইতে দেখা যায় যে, এই রেখাব কার্যকরী অংশকে মোটামুটিভাবে একটি সরলরেখা বলিয়া মনে করিলে খুব বেশী ভুল হয় না। যখন মেনিন কোন কারেন্ট সরবরাহ না করে (on no-load), তখন উহার প্রান্তিক ভোল্টেজ আর আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ সমান থাকে। কিন্তু যতই বেশী বেশী কারেন্ট বাহিরের বর্তনীতে পাঠানো যায়, ততই মেনিনের প্রান্তিক ভোল্টেজ একটু একটু করিয়া কম হইতে থাকে। ভোল্টেজের এই ঘাটতি প্রধানতঃ আর্মেচার দিয়া তড়িৎ প্রবাহের ফলে হইয়া থাকে। যদি সকল বিষয়ে অভিন্ন দুইটি জেনারেটর প্যার্যাললে চলে, তবে গতিবেগ আর ফীল্ডের উত্তেজন সমান থাকিলে তাহাদের মধ্যে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপও সমান হয়। তখন যত বিদ্যুৎই তাহারা সমবেতভাবে সরবরাহ করুক না কেন, প্রত্যেকে তাহাতে সমান অংশ গ্রহণ করে। কিন্তু যদি ঐ জেনারেটর দুইটির আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্সের মধ্যে কিছু পার্থক্য থাকে, তবে প্যার্যাললে চলিবার সময় যে মেনিনের আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স কম, সেই মেনিন মোট কারেন্টের বেশী অংশ সরবরাহ করে, আর অন্যটি অপেক্ষাকৃত কম কারেন্ট সরবরাহ করে। তেমনি আবার যদি জেনারেটরকে আস্তে বা জোরে চালানো যায়, কিংবা যদি তাহাদের ফীল্ডের উত্তেজন সমান না থাকে, তবে তাহাতেও একটি জেনারেটর অন্যটি অপেক্ষা কম বা বেশী কারেন্ট সরবরাহ করে।

উদাহরণ ৫-১। দুইটি সার্ক জেনারেটর প্যার্যাললেলে চালু থাকিয়া একযোগে ১৫০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে। লোডশূন্য অবস্থায় একটি মেশিনের প্রান্তিক চাপ ২৩০ ভোল্ট থাকে, আর সেই চাপ সমানভাবে কমিয়া ঐ মেশিন যখন ৮০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে, তখন ২১৮ ভোল্টে দাঁড়ায়। সেইরূপ, লোডশূন্য অবস্থায় দ্বিতীয় মেশিনের প্রান্তিক চাপ ২৩৬ ভোল্ট থাকে, আর তাহা সমানভাবে কমিয়া (falls uniformly) ঐ মেশিন যখন ৮০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে, তখন ২২০ ভোল্টে দাঁড়ায়। প্যার্যাললেলে চলিবার সময় মেশিন দুইটির কোনটি কত অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করিবে, আর বাস-বার ভোল্টেজ তখন কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

মনে কর, V = বাস-বার ভোল্টেজ, অর্থাৎ প্যার্যাললেলে চলাকালীন প্রত্যেক মেশিনের প্রান্তিক চাপ,

$$I_1 = 1\text{নং জেনারেটরের আউটপুট-কারেন্ট,}$$

$$I_2 = 2\text{নং জেনারেটরের আউটপুট-কারেন্ট,}$$

$$E_1 = 1\text{নং জেনারেটরের আর্মচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ,}$$

$$\text{এবং } E_2 = 2\text{নং জেনারেটরের আর্মচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ।}$$

$$\text{এখানে } E_1 = 230 \text{ ভোল্ট, } E_2 = 236 \text{ ভোল্ট,}$$

$$\text{আর } I_1 + I_2 = 150 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$1\text{নং জেনারেটর যখন } 80 \text{ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে, তখন ঐ মেশিনে ভোল্টেজের মোট ঘাটতি} = 230 - 218$$

$$= 12 \text{ ভোল্ট।}$$

$$\text{সুতরাং মেশিনের প্রতি অ্যাম্পিয়ার আউটপুটে ভোল্টেজের ঘাটতি}$$

$$= \frac{12}{80} = 0.15 \text{ ভোল্ট/অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\text{সেইরূপ, } 2\text{নং জেনারেটর যখন } 80 \text{ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে, তখন ঐ মেশিনে ভোল্টেজের মোট ঘাটতি} = 236 - 220$$

$$= 16 \text{ ভোল্ট।}$$

$$\text{সুতরাং মেশিনের প্রতি অ্যাম্পিয়ার আউটপুটে ভোল্টেজের ঘাটতি}$$

$$= \frac{16}{80} = 0.2 \text{ ভোল্ট/অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\begin{aligned} \text{এখন, প্রথম মেশিনের ক্ষেত্রে } V &= E_1 - 0.15 I_1 \\ &= 230 - 0.15 I_1 \text{ ভোল্ট,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{আর দ্বিতীয় মেশিনের ক্ষেত্রে } V &= E_2 - 0.2 I_2 \\ &= 236 - 0.2 I_2 \text{ ভোল্ট।} \end{aligned}$$

$$\text{সুতরাং } 230 - 0.15 I_1 = 236 - 0.2 I_2$$

$$\text{অথবা } 0.2 I_2 - 0.15 I_1 = 6$$

$$\text{অথবা } I_2 - 0.75 I_1 = 30 \text{ অ্যাম্পিয়ার} \dots (1)$$

$$\text{আবার } I_1 + I_2 = 150 \text{ অ্যাম্পিয়ার} \dots (2)$$

অতএব (২) হইতে (১) বাদ দিলে দেখা যাইবে

$$১'৭৫ I_1 = ১২০,$$

$$\therefore I_1 = \frac{১২০}{১'৭৫} = ৬৮ \cdot ৬ \text{ অ্যাম্পিয়ার, আর}$$

$$I_2 = ১৫০ - I_1$$

$$= ১৫০ - ৬৮ \cdot ৬$$

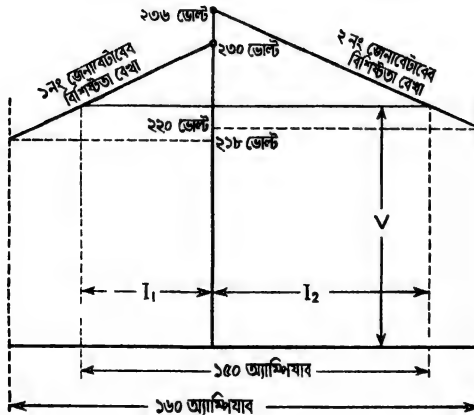
$$= ৮১ \cdot ৪ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$V = E_1 - ০'১৫ I_1$$

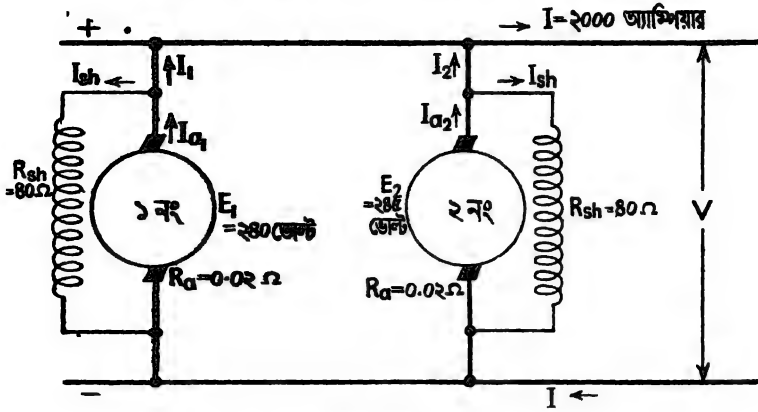
$$= ২৩০ - ০'১৫ \times ৬৮ \cdot ৬$$

$$= ২১৯ \cdot ৭ \text{ ভোল্ট।}$$

লেখচিত্রে একটি নির্দিষ্ট মাপ (scale) অনুযায়ী উভয় জেনারেটরের বিশিষ্টতা-রেখা অঙ্কন করিয়া এই উদাহরণের লৈখিক সমাধান (graphical solution) পাওয়া যাইতে পারে। বিশিষ্টতা-বেখা ক্রমপে অঙ্কন করিতে হইবে, তাহা ৯৫নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।



উদাহরণ ৫-২। দুইটি সার্ক জেনারেটর একত্রে প্যারালেলে চলিয়া ২০০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লোড-সার্কিটে সরবরাহ করে। প্রত্যেকটি মেনিনের আর্মেচারের রোধ ০'০২ ওহম এবং সার্কিটের রোধ ৪০ ওহম। যদি কোল্ডের উত্তেজন এমন অবস্থায় রাখা থাকে বাহ্যিক একটি মেনিনের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ ২৪০ ভোল্ট আর অন্য একটি মেনিনের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ ২৪৫ ভোল্ট হয়, তবে প্রত্যেক জেনারেটর কত ভোল্ট-ওরাত বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ করিবে, আর তখন বাস-বারের ভোল্টেজই বা কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।



২৬নং চিত্র

মনে কর, V = বাস-বার ভোল্টেজ,

I_1 = ১নং জেনারেটরের আউটপুট-কারেন্ট,

I_2 = ২নং জেনারেটরের আউটপুট-কারেন্ট,

I_{a1} = ১নং জেনারেটরের আর্মচার-কারেন্ট,

I_{a2} = ২নং জেনারেটরের আর্মচার কারেন্ট,

E_1 = ১নং জেনারেটরের আর্মচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ,

E_2 = ২নং জেনারেটরের আর্মচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ,

I_{sh} = প্রত্যেক মেশিনের ফিল্ড-কারেন্ট (প্রাস্তিক চাপ এবং ফিল্ডের রোধ

সমান বলিয়া জেনারেটাব দুইটির ফিল্ড কারেন্ট সমান হইবে),

R_{sh} = প্রত্যেক মেশিনের ফিল্ডের রোধ,

এবং R_a = প্রত্যেক মেশিনের আর্মচারের রোধ।

এখানে $E_1 = 280$ ভোল্ট ; $E_2 = 285$ ভোল্ট ,

$R_{sh} = 80 \Omega$; $R_a = 0.02 \Omega$,

$I_1 + I_2 = 2000$ অ্যাম্পিয়ার, আর

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{V}{80} \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\therefore I_{a1} = I_1 + I_{sh} = I_1 + \frac{V}{80} \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$\text{এবং } I_{a2} = I_2 + I_{sh} = I_2 + \frac{V}{80} \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

১নং মেশিনের ক্ষেত্রে

$$E_1 = V + I_{a1} R_a \text{ ভোল্ট,}$$

$$\therefore V = E_1 - I_{a1} R_a = 280 - \left(I_1 + \frac{V}{80} \right) \times 0.02 \text{ ভোল্ট।}$$

সেইরূপ, ২নং মেনিনের ক্ষেত্রে

$$E_2 = V + I_{a2} R_a \text{ ভোল্ট,}$$

$$\therefore V = E_2 - I_{a2} R_a = 280 - \left(I_2 + \frac{V}{80}\right) \times 0.02 \text{ ভোল্ট।}$$

$$\text{অতএব } 280 - \left(I_1 + \frac{V}{80}\right) \times 0.02 = 280 - \left(I_2 + \frac{V}{80}\right) \times 0.02$$

$$\text{অথবা } 0.02 I_2 - 0.02 I_1 = 0$$

$$\text{অথবা } I_2 - I_1 = 0 \text{ অ্যাম্পিয়ার ... (১)}$$

$$\text{আবার } I_1 + I_2 = 2000 \text{ অ্যাম্পিয়ার ... (২)}$$

এখন (২) হইতে (১) বাদ দিলে দেখা যাইবে

$$2I_1 = 1950,$$

$$\text{অতএব } I_1 = \frac{1950}{2} = 975 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\text{কিন্তু } I_2 = 2000 - I_1,$$

$$\therefore I_2 = 2000 - 975 = 1025 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$V = 280 - \left(I_1 + \frac{V}{80}\right) \times 0.02$$

$$= 280 - 975 \times 0.02 - \frac{V}{4000} \text{ ভোল্ট।}$$

$$\text{অতএব } V + \frac{V}{4000} = 280 - 19.5 = 260.5,$$

$$\therefore V = \frac{260.5 \times 4000}{4001} = 260.2 \text{ ভোল্ট।}$$

$$\begin{aligned} \text{১নং জেনারেটরের আউটপুট} &= \frac{V \times I_1}{1000}, \\ &= \frac{260.2 \times 975}{1000}, \\ &= \underline{\underline{253.7 \text{ কিলোওয়াট।}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{২নং জেনারেটরের আউটপুট} &= \frac{V \times I_2}{1000}, \\ &= \frac{260.2 \times 1025}{1000}, \\ &= \underline{\underline{266.5 \text{ কিলোওয়াট}}} \end{aligned}$$

উদাহরণ ৫-৩। দুইটি সার্কিট জেনারেটর প্যার্যাললে চলিবার সময় একত্রে ২০০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লোড-সার্কিটে সরবরাহ করে।

১নং জেনারেটোরের কীল্ডের রোধ ৫৫ ওম, আর্মচারের রোধ ০.০২৫ ওম এবং আর্মচারে আবিষ্ট ভোল্ট-চাপ ২৬০ ভোল্ট।

২নং জেনারেটোরের কীল্ডের রোধ ৬০ ওম, আর্মচারের রোধ ০.০৩ ওম এবং আর্মচারে আবিষ্ট ভোল্ট-চাপ ২৫০ ভোল্ট।

প্যার্যাললে চলিবার সময় জেনারেটর দুইটির মধ্যে কোনটি কত অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করিবে এবং তখন বাস-বারের ভোল্টেজই বা কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $I_1 + I_2 = ২০০০$ অ্যাম্পিয়ার,

$\therefore I_2 = ২০০০ - I_1$ অ্যাম্পিয়ার।

$$I_{a1} = \frac{V}{R_{a1}} = \frac{V}{৫৫} \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_{a2} = \frac{V}{R_{a2}} = \frac{V}{৬০} \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_{a1} = I_1 + I_{a1} = \left(I_1 + \frac{V}{৫৫} \right) \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\begin{aligned} I_{a2} &= I_2 + I_{a2} = \left(I_2 + \frac{V}{৬০} \right) \\ &= \left(২০০০ - I_1 + \frac{V}{৬০} \right) \text{ অ্যাম্পিয়ার।} \end{aligned}$$

১নং জেনারেটোরের ক্ষেত্রে

$$\begin{aligned} V &= E_1 - I_{a1} R_{a1} \\ &= ২৬০ - \left(I_1 + \frac{V}{৫৫} \right) \times ০.০২৫ \text{ ভোল্ট} \quad \dots (১) \end{aligned}$$

২নং জেনারেটোরের ক্ষেত্রে

$$\begin{aligned} V &= E_2 - I_{a2} R_{a2} \\ &= ২৫০ - \left(২০০০ - I_1 + \frac{V}{৬০} \right) \times ০.০৩ \text{ ভোল্ট} \quad \dots (২) \end{aligned}$$

উপরের সমীকরণ দুইটির সমাধান করিলে দেখা যাইবে

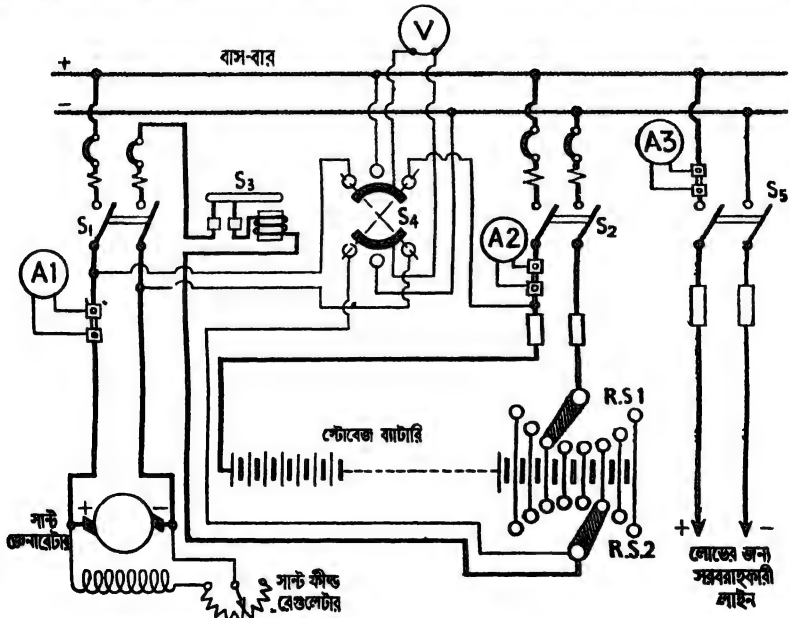
$$I_1 = \underline{১২৬৬} \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$I_2 = \underline{৭৩৪} \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$\text{এবং } V = \underline{২২৮} \text{ ভোল্ট।}$$

৫-৭। ডি. সি. জেনারেটর ও স্টোরেজ ব্যাটারি একত্রে প্যার্যাললে পেরিচালন (Parallel Running of D. C. Generators with Storage Battery)

কোন কোন উৎপাদন কেন্দ্রে ডি. সি. জেনারেটরের সহিত প্যার্যাললে স্টোরেজ ব্যাটারিও ব্যবহার করিতে দেখা যায়। এই ব্যাটারি প্রয়োজনমত (অর্থাৎ কোন একটি জেনারেটরে গোলযোগ দেখা দিলে) কোথায়ও পূরা লোড বহন করিবার জন্য, কোথায়ও আবার অল্প জেনারেটরের সহিত প্যার্যাললে যুক্ত হইয়া আংশিক লোড বহন করিবার জন্য, ব্যবহার করা হয়। ব্যাটারির প্রত্যেক “সেল” (Cell)-এর তড়িৎ-চাপ যখন ১৮ ভোল্টের নীচে নামিয়া যায়, তখন এই ব্যাটারিকে বাহাতে চার্জ করা যায়, সেইজন্য বিশেষ বন্দোবস্ত থাকা দরকার। তবে ব্যাটারি বাহিরের বর্তনীতে তড়িৎ সরবরাহ করিবার সময় একই সঙ্গে বাহাতে উহা চার্জ করাও চলিতে পারে, সেইরূপ বন্দোবস্ত থাকিলেই ভাল হয়। ব্যাটারি যতই কারেন্ট সরবরাহ করিতে থাকে, উহার তড়িৎ-চাপ ততই কমিত আরম্ভ করে। কিন্তু বাস-বারে যুক্ত থাকার সময় উহার প্রাপ্তিক’ভোল্টেজ সমান রাখা প্রয়োজন; সেইজন্য সেলের সংখ্যা বাহাতে কম-বেশী করা



একটি সার্কিট জেনারেটরের সহিত একটি স্টোরেজ ব্যাটারির প্যার্যাললে গোলযোগ

২৭নং চিত্র

চলে, অর্থাৎ চাপ যতই কম হইতে থাকে ততই অধিক সংখ্যক সেল মিলিজে সংযুক্ত করিয়া বাহাতে টাংখিওল ভোল্টেজ সমান রাখা যায়, সেইরূপ বন্দোবস্তও থাকা আবশ্যক। ২৭নং চিত্রে ইহাই দেখানো হইয়াছে। এই চিত্রে S_1 -আরা চিহ্নিত হইচের সাহায্যে

ব্যাটারি চার্জ করা হয়, S_2 -দ্বারা চিহ্নিত স্কেলের মধ্য দিয়া ব্যাটারি বাস-বারে কারেন্ট পাঠায়, S_3 -দ্বারা চিহ্নিত স্বয়ংক্রিয় স্কেল ব্যাটারি হইতে কারেন্ট জেনারেটরের দিকে প্রবাহিত হইবার উপক্রম করিলে সেই প্রবাহ বন্ধ করিয়া দেয়, S_4 -দ্বারা চিহ্নিত স্কেলের সাহায্যে ভোল্টমিটারের সংযোগ সাধিত হয় (ব্যাটারিকে বাস-বারে অন্তর্ভুক্ত জেনারেটরের সহিত প্যার্যাললে সংযোগ করিবার সময় এই ভোল্টমিটারের নির্দেশ ভাল করিয়া দেখিয়া লইতে হয়), আর R. S.-দ্বারা চিহ্নিত রেগুলেটিং স্কেল প্রয়োজন অনুসারে কম বা বেশী সংখ্যক সেল সিরিজে সংযুক্ত করে। R. S. একটি “ডবল সিলেক্টর স্কেল” (double selector switch)। ব্যাটারি চার্জ হওয়ার সময় উহার নীচের হাতল (R. S. 2), আর ব্যাটারি যখন তড়িৎ সরবরাহ করিতে থাকে, তখন উহার উপরের হাতল (arm) (R. S. 1), সেলের সংখ্যা নিয়ন্ত্রণ করে।

স্বয়ংক্রিয় স্কেলের সাহায্যে সাধারণতঃ দুইটি কাজ সমাধা করা হয়। এক, কারেন্ট বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইয়া ব্যাটারি হইতে যেন জেনারেটরে প্রবেশ করিতে না পারে, এবং দুই, যতক্ষণ পর্যন্ত জেনারেটরের প্রান্তিক চাপ ব্যাটারির ভোল্টেজ অপেক্ষা শতকরা দুই কিংবা তিন ভাগ বেশী না হয়, ততক্ষণ পর্যন্ত যেন তাহাদের প্যার্যাললে সংযোগ করা না চলে। এই কাজে ব্যবহারের উপযোগী নানা ধরনের স্বয়ংক্রিয় স্কেল বাজারে পাওয়া যায়, তবে অধিকাংশ ক্ষেত্রে প্রস্তুতকারক নিজেই তাহার জেনারেটর ও ব্যাটারির পক্ষে উপযুক্ত একটি স্কেল অন্তর্ভুক্ত আসবাবের সহিত সরবরাহ করিয়া থাকেন।

ব্যাটারির সহিত একযোগে প্যার্যাললে চলিবার সময় জেনারেটরকে একই সঙ্গে ব্যাটারি চার্জ করিবার কাজও সম্পন্ন করিতে হয়। তখন বিপরীত দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হইয়া যাহাতে জেনারেটরের চুম্বকগুলিতে বিপরীত মেরুত্ব উৎপন্ন করিতে না পারে, সেইজন্য এই কাজে কেবলমাত্র সার্ট জেনারেটর ব্যবহার করা উচিত; কারণ সার্ট জেনারেটরই একমাত্র ডাইনামো যাহার আর্মেচার দিয়া কারেন্ট বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইলেও মেশিনের চুম্বকগুলি বিপরীত মেরুত্ব লাভ করে না।

প্রশ্নমালা

১। Parallel operation-এর জন্য কি ধরনের জেনারেটর সর্বাধিক উপযুক্ত? একটি চালু জেনারেটরের সহিত অন্য একটি জেনারেটর parallel করিবার সঠিক পদ্ধতি বর্ণনা কর।

২। (ক) দুইটি ওভারকম্পাউণ্ড জেনারেটরকে প্যার্যালাল রানিংএর জন্য প্রয়োজনীয় সরঞ্জাম ও যন্ত্রপাতি সহ কানেকশন একটি নকশায় দেখাও।

(খ) একটি ওভারকম্পাউণ্ড জেনারেটরকে প্যার্যালাল রানিংএর জন্য বাস-বারে স্কেলের দ্বারা সংযোগ কিভাবে করিতে হয় সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

[ওভারকম্পাউণ্ড জেনারেটরসহ অন্যান্য সকল শ্রেণীর কম্পাউণ্ড জেনারেটর একই পদ্ধতিতে বাস-বারে সংযুক্ত থাকে এবং প্যার্যাললে পরিচালিত হয়।]

৬। (ক) যখন জেনারেটরগুলি parallel চলে এবং ইহাদের মধ্যে একটিকে বন্ধ করিবার প্রয়োজন হয় তখন ইহার যেন স্কইচ কাটিয়া ইহাকে বন্ধ করিবার প্রথা ভাল নয় কেন ?

(খ) একটি পাওয়ার হাউসে ২টি shunt generators-এর মধ্যে একটি load supply করিতেছে। এখন যদি অপব জেনারেটরটিকে এই load-এর অংশ গ্রহণ করাইতে হয় তাহা কিভাবে করিতে হইবে বর্ণনা কর।

৭। দুইটি কম্পাউণ্ড জেনারেটর প্যার্যালেল-এ চালাইতে গেলে কি কি আবশ্যকীয় শর্তাবলী মানিতে হইবে ? এই জেনারেটরগুলি চালাইতে গেলে কি কি নিরাপত্তা অবলম্বন করিতে হইবে ? কি কি সরঞ্জাম ও যন্ত্রপাতি আবশ্যক হইবে তাহা উল্লেখ করিয়া একটি নিখুঁত চিত্র অঙ্কন কর।

৮। ইকোলাইজার বাস্-বারের সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ।

৯। একটি ৫০-কিলো ওয়াট ২৫০-ভোল্ট সান্ট জেনারেটরের ফিল্ড রেসিস্ট্যান্স ১০০ ওহম্। উহাকে বসাইয়া প্যার্যালালে চালাইতে হইবে। জেনারেটর হইতে কন্ট্রোল বোর্ড পর্যন্ত যে-সব তার লাগিবে তাহাদের সংখ্যা ও আয়তন লিখ।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও সাজসরঞ্জামের বিশেষ বিবরণসহ একটি চিত্র অঙ্কন করিয়া দেখাও।

বাস্-বারে স্কইচ অন করিবার পূর্বে প্যার্যালাল অপারেশনের শর্তাবলী পূরণ হইয়াছে কিনা তাহা কিরূপে পরীক্ষা করিয়া দেখিবে ?

[জেনারেটরের ফীল্ড-কারেন্ট = $\frac{২৫০}{১০০} = ২.৫$ অ্যাম্পিয়ার। ফীল্ড-কয়েল এবং

রেগুলেটর দিয়া এই কারেন্ট প্রবাহিত হয়। সুতরাং ফীল্ড-সার্কিটে রেগুলেটর সংযোগ করিবার জন্য প্রত্যেকটি ১/১.৪০ মিলিমিটার আয়তনের এবং ২৫০/৪৪০ ভোল্ট গ্রেডের অ্যালুমিনিয়াম পরিবাহী সমন্বিত দুইগাছা তার জেনারেটর হইতে কন্ট্রোল বোর্ড পর্যন্ত ব্যবহার করিতে হইবে।

জেনারেটরের লোড-কারেন্ট = $\frac{৫০ \times ১০০০}{২৫০} = ২০০$ অ্যাম্পিয়ার। এই কারেন্ট

জেনারেটর হইতে বাস্-বারে পাঠাইবার জন্য আরমারড অ্যালুমিনিয়াম কেবুল ব্যবহার করিতে হইবে। কেবুল ২ কোর, ২৫ বর্গ মিলিমিটার আয়তনের, পি. আই. এল. এস. এ. (paper insulated lead covered and armoured) এবং ২৫০/৪৪০ ভোল্ট গ্রেডের হইবে।]

১০। “প্যার্যাললে সংযুক্ত থাকিলে সান্ট জেনারেটর স্বায়ী সাধ্যাবস্থায় পরিচালিত হয়”—কি কারণে সান্ট জেনারেটর সম্বন্ধে এইরূপ মন্তব্য করা হইয়া থাকে, তাহা চিত্র অঙ্কন করিয়া ব্যাখ্যা কর।

১১। দুইটি সান্ট জেনারেটর প্যার্যাললে চলিবার সময় একযোগে ১৬০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে। একটি মেনিনের প্রান্তিক চাপ লোডশুল্ক অবস্থায় ২৪৬ ভোল্ট, আর ১০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করিবার সময় ২৩০ ভোল্ট থাকে ; দ্বিতীয় মেনিনের প্রান্তিক চাপ লোডশুল্ক অবস্থায় ২৫০ ভোল্ট, আর ৮০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করিবার সময় ২৩০ ভোল্ট থাকে। মেনিন দুইটি প্যার্যাললে চলিবার সময় কে কত অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করিবে এবং তখন বাস্-বারের ভোল্টেজ কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর। প্রত্যেকটি মেনিনের বিশিষ্টতা-রেখাকে সরলরেখা (straight line) হিসাবে ধরিয়া লও। (উঃ ৮৭'৮ অ্যাম্প., ৭২ ২ অ্যাম্প., ২৩১ ২ ভোল্ট)

১২। “সাধারণভাবে প্যার্যাললে সংযুক্ত থাকিলে কম্পাউণ্ড জেনারেটর অস্বায়ী সাম্যাবস্থায় পরিচালিত হয়”—কি কারণে কম্পাউণ্ড জেনারেটর সম্বন্ধে এইরূপ মন্তব্য করা হয়, এবং কিরূপ বন্দোবস্ত থাকিলে কম্পাউণ্ড জেনারেটরকেও প্যার্যাললে সাম্যাবস্থায় পরিচালনা করা যায়, তাহা চিত্র অঙ্কন করিয়া ব্যাখ্যা কর।

১৩। দুইটি সান্ট জেনারেটর প্যার্যাললে চলিবার সময় একযোগে ৩৬০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট বাস্-বারে সরবরাহ করে। প্রত্যেকটি মেনিনের ফীল্ডের বোধ ৬০ ওম এবং আর্মচারে বোধ ০.০১ ওম। যদি আর্মচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ একটি মেনিনে ৪৫৫ ভোল্ট এবং অপরটিতে ৪৬০ ভোল্ট হয়, তবে কোন্ মেনিন কত কিলোওয়াট শক্তি বাহিরের বতনীতে সরবরাহ করিবে এবং তখন বাস্-বারের ভোল্টেজই বা কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

(উঃ ৬৮১ কিঃ ওয়াট, ৯০১ কিঃ ওয়াট, ৪৩২.৫ ভোল্ট)

১৪। কি কি শর্ত পূরণ করিলে একযোগে প্যার্যাললে পরিচালিত দুইটি (ক) সান্ট জেনারেটর, (খ) কম্পাউণ্ড জেনারেটর তাহাদের নিজ নিজ ক্ষমতা অল্পস্বায়ী লোড বহন করিতে পারে ?

১৫। প্যার্যাললে চলাকালীন দুইটি সান্ট জেনারেটরের মধ্যে সমগ্র লোডের বন্টন কিরূপ হয়, তাহা বুঝাইয়া লিখ। যে-কোন একটি জেনারেটরের (ক) ফীল্ড-কারেন্ট, (খ) গতিবেগ পরিবর্তন করিলে লোডের এই বন্টনে কি পরিবর্তন দেখা দেয় ?

২ষ্ঠ পৰিচ্ছেদ

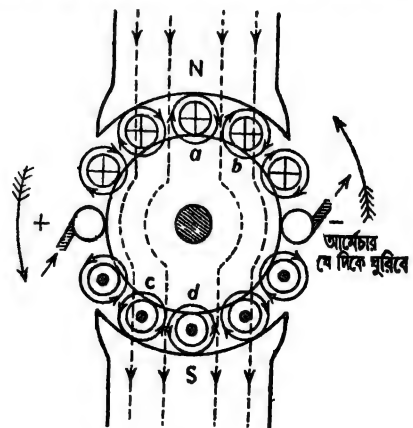
ডি. সি. মোটর (D. C. Motors)

কেবলমাত্র গঠন-রীতির দিক দিয়া বিচার করিলে একটি ডি. সি. জেনারেটাব আর একটি ডি. সি. মোটব অভিন্ন মেশিন। যে মেশিন জেনারেটোর হিসাবে পরিচালিত হয়, প্রয়োজন হইলে সেই মেশিনকেই আবার মোটর হিসাবে চালনা করা যায়। প্রাইম মুভারের সাহায্যে ঘুবাইলে মেশিন জেনারেটোর হিসাবে চলে ; তখন ঐ মেশিন যান্ত্রিক শক্তিকে তড়িৎ-শক্তিতে রূপান্তরিত করে। আবার একই মেশিন উপযুক্ত তড়িৎ-চাপের সরবরাহ-লাইনে সংযুক্ত করিলে মোটর হিসাবে ঘুরিয়া তড়িৎ-শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত কারতে থাকে। সেইজন্য গঠন-রীতি অভিন্ন হইলেও কাজের দিক দিয়া বিচার করিলে ডি. সি. মোটরকে কিন্তু ডি. সি. জেনারেটোরের সম্পূর্ণ বিপরীত বল। চলে।

৬-১। ডি. সি. মোটর কেমন করিয়া চলে (Principle of D. C. Motors)

যদি ফীল্ড-পোলের দ্বারা উৎপন্ন চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে আর্মেচার বসাইয়া তাহাকে কোন উপায়ে ঘুরানো যায়, তবে তাহাতে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয় এবং বর্তনী সম্পূর্ণ থাকিলে তাহা দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে। ডি. সি. জেনারেটোরের ইহাই মূলতত্ত্ব। আর যদি বাহির হইতে বিদ্যুৎ আনিয়া চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত আর্মেচারের কয়েল দিয়া তাহা পাঠানো যায়, তবে সেই আর্মেচার আপনা হইতেই ঘুরিতে আরম্ভ করে। ডি. সি. মোটরের মূলতত্ত্ব ইহাই।

২২নং চিত্রে দুই পোল ওয়াল ফীল্ডের মধ্যে অবস্থিত একটি আর্মেচার আর তাহা ব কয়েলগুলিব মধ্য দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহের অভিন্ন দেখানো হইয়াছে। তড়িৎ-প্রবাহ বাঁদিকের পজ্জিতিত ব্রাশ দিয়া আর্মেচারে প্রবেশ করিতেছে, এবং সবকয়টি কয়েলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইয়া ডানদিকের নেগেটিভ ব্রাশ দিয়া বাহির হইয়া যাইতেছে। ফলে আর্মেচারের উপরের দিকে যত পরিবাহী আছে, তাহাদের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ সম্মুখ হইতে পিছনের দিকে যাইতেছে, আর আর্মেচারের নীচের দিকে অবস্থিত পরিবাহীসমূহে তড়িৎ-প্রবাহ পিছন হইতে সম্মুখের দিকে আসিতেছে। ইহাতে পরিবাহীর ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহের দিকন যে চক্রাকার



ডি. সি. মোটরের মূলতত্ত্ব
২২নং চিত্র

চুষকক্ষেত্রের উৎপত্তি হইতেছে, তাহা উপরের প্রত্যেক পরিবাহীর চারিদিকে দক্ষিণাবর্তে আর নীচের প্রত্যেক পরিবাহীর চারিদিকে বামাবর্তে ঘুরিতেছে। চিত্রে ফীল্ড-পোল দুইটির মধ্যে উপরেরটি উত্তর মেরু আর নীচেরটি দক্ষিণ মেরু হিসাবে দেখানো হইয়াছে। সুতরাং এই দুই পোল যে চুষকক্ষেত্র উৎপন্ন করিতেছে, তাহার বলরেখা উপর হইতে নীচের দিকে অগ্রসর হইতেছে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, একই জায়গায় দুইটি চুষকক্ষেত্র বসমান রহিয়াছে। ফলে ক্ষেত্র দুইটির বলরেখার মধ্যে সৰ্বদা আকর্ষণ ও বিকর্ষণ হইতে থাকে।

কি করিয়া ইহা হয়, তাহা এইবার লক্ষ্য কর। আর্মেচারের উপরের দিকে α -দ্বারা চিহ্নিত পরিবাহীতে তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার ফলে ঐ পরিবাহীর চারিদিকে যে চক্রাকার চুষকক্ষেত্র উৎপন্ন হইতেছে, তাহা দক্ষিণাবর্তে ঘুরিতেছে। সুতরাং ঐ পরিবাহীর ডানদিকের বলরেখা নীচের দিকে আর বাঁদিকের বলরেখা উপরের দিকে অগ্রসর হইতেছে। উত্তর মেরু হইতে যত বলরেখা আসিতেছে, তাহা সমস্তই উপর হইতে নীচের দিকে যাইতেছে। অতএব পরিবাহীর ডানদিকের বলরেখা আর উত্তর মেরুর বলরেখা একই দিকে অগ্রসর হইতেছে। সুতরাং ঐ দুই বলরেখা পরস্পরকে সরাইয়া দিতে (repel করিতে) চেষ্টা করবে, আর সেই সঙ্গে বেয়ারিংয়ের উপর বসানো বলিয়া মোটরের আর্মেচারও ডানদিক হইতে বাঁদিকে ঘুরিবার উপক্রম করবে। সেইরূপ, 'd'-পরিবাহীর বাঁদিকের বলরেখা উপরের দিকে যাইতেছে, আর উত্তর মেরুর বলরেখা নীচের দিকে আসিতেছে। ইহারা বিপরীত দিকে অগ্রসর হইতেছে বলিয়া পরস্পরকে নিজের দিকে টানিতে (attract করিতে) চেষ্টা করবে, অর্থাৎ ঐ পরিবাহীস্থল আর্মেচার পূর্বের মতই ডানদিক হইতে বাঁদিকে ঘুরিবার উপক্রম করবে। ঠিক একইভাবে উত্তর মেরুর তলায় আর্মেচারের যতগুলি পরিবাহী আছে, তড়িৎ-প্রবাহের দ্বারা তাহাদের সকলের চারিদিকে একই অভিমুখে জঘনরূপ চুষকক্ষেত্র উৎপন্ন হইবে, ফলে প্রত্যেক পরিবাহীকেই উত্তর মেরু ডানদিক হইতে বাঁদিকে ঠেলিয়া দিবে।

এখন দক্ষিণ মেরুর সম্মুখে যে-সকল পরিবাহী আছে (যেমন c, d, ইত্যাদি), তাহাদের অবস্থা কিরূপ হইতেছে তাহা লক্ষ্য কর। এই সকল পরিবাহীতে তড়িৎ-প্রবাহ আর্মেচারের পিছন হইতে সম্মুখের দিকে আসিতেছে বলিয়া তাহা হইতে উৎপন্ন চুষকক্ষেত্রের বলরেখা বামাবর্তে ঘুরিতেছে। সেইজন্য প্রত্যেক পরিবাহীর ডানদিকের বলরেখা উপরের দিকে আর বাঁদিকের বলরেখা নীচের দিকে যাইতেছে। সঙ্গে সঙ্গে প্রধান ফীল্ডের চুষক-বলরেখা উত্তর মেরু হইতে বাহির হইয়া দক্ষিণ মেরুতে প্রবেশ করিতেছে, অর্থাৎ উপর হইতে নীচের দিকে অগ্রসর হইতেছে। সুতরাং প্রত্যেক পরিবাহীর ডানদিকের বলরেখা প্রধান ফীল্ডের বলরেখার বিপরীত দিকে আছে। ফলে তাহারা পরস্পরকে নিজের দিকে টানিবে, আর সেই সঙ্গে আর্মেচার বাঁদিক হইতে ডানদিকে ঘুরিতে চেষ্টা করিবে। একই সময়ে পরিবাহীর বাঁদিকের বলরেখা নীচের দিকে আসিতেছে বলিয়া তাহারা প্রধান ফীল্ডের বলরেখার সহিত একই দিকে অগ্রসর হইতেছে। সুতরাং তাহারা পরস্পরকে সরাইয়া দিবে, আর ইহাতেও আর্মেচার আগের

মতই বাদিক হইতে ডানদিকে ঘুরিতে চেষ্টা করিবে। অতএব দেখা গেল যে, আর্মেচারের উপরের দিকটা ডানদিক হইতে বাদিকে আর নীচের দিকটা বাদিক হইতে ডানদিকে ঘুরিতে চেষ্টা করিবে, অর্থাৎ কয়েলগুলি চুম্বকক্ষেত্রের সমবেত প্রতিক্রিয়ার দ্বারা আর্মেচার বামাবর্তে ঘুরিবে। আবার, যেমন কয়েল-সম্বলিত এক-একটি খাঁজ পোলের সম্মুখ হইতে বাহির হইয়া যাইবে, তেমনই অন্যদিকে কয়েল-সম্বলিত এক-একটি খাঁজ পোলের মুখে প্রবেশ করিবে। তাই আর্মেচার ক্রমাগত ঘুরিতেই থাকিবে। আর্মেচারের এইভাবে ঘুরিবার কারণ এই যে, ফীল্ডের উত্তর মেরুর সম্মুখে যে-সকল পরিবাহী অবস্থিত, তাহাদের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় ঐ সকল পরিবাহীতে তাহাদের নিজেদের ও প্রধান চুম্বকক্ষেত্রের অতুলনভাবে (in a perpendicular direction) এক গতিবেগ যে-দিকে কাজ কবে, দক্ষিণ মেরুর সম্মুখে অবস্থিত পরিবাহীসমূহে তাহাব ঠিক বিপরীত দিকে সমপরিমাণ আর এক গতিবেগ উৎপন্ন হয়। এই দুই গতিবেগ সমান আব বিপরীতমুখী বলিয়া তাহারা একত্রে এক ঘূর্ণক (turning moment or torque) সৃষ্টি করে।* স্ততরাং যতক্ষণ না কোন বিকল্প ঘূর্ণকের পরিমাণ ইহা অপেক্ষা বেশী হয়, ততক্ষণ আর্মেচার ঘুরিতেই থাকে।

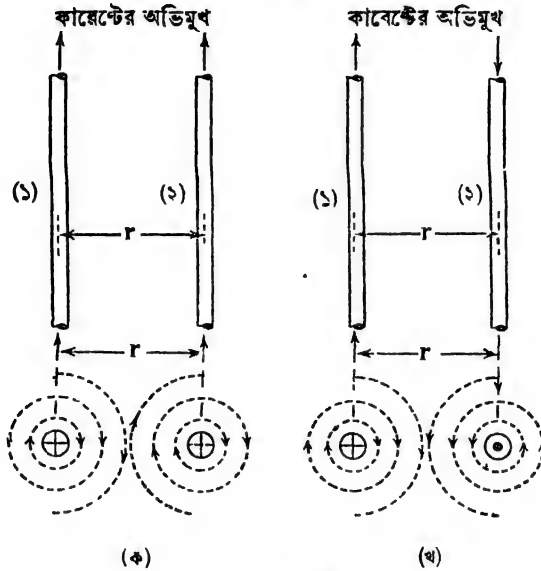
আর্মেচারকে বিপরীত দিকে ঘুরাইতে হইলে, তাহা দুই উপায়ে করা যায়। এক, উত্তর মেরু জায়গায় দক্ষিণ মেরু বসাইয়া, অর্থাৎ ফীল্ড-কয়েল দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ বিপরীত দিকে পাঠাইয়া, এবং দুই, আর্মেচার-কয়েল দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহেব অভিমুখ বদল করিয়া। কিন্তু যদি ফীল্ড-কয়েল আর আর্মেচার-কয়েল উভয়ের মধ্য দিয়াই তড়িৎ-প্রবাহ বিপরীত দিকে পাঠানো হয়, তবে আর্মেচার আগেকার মত একই অভিমুখে ঘুরিতে থাকে। সেইজন্য মেশিনের ভিতরে আর্মেচারের সহিত ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ উল্টা করিয়া না দিয়া, কিংবা কমুটেটারের উপরে অবস্থিত ব্রাশসমূহেব অবস্থান পরস্পরের সহিত বদল না করিয়া, যদি কেবলমাত্র সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের দুই প্রান্তের সংযোগ বদল করিয়া দেওয়া যায়, তবে মোটরের গতিবেগে কোনরূপ পরিবর্তন দেখা দেয় না।

৬-২। মোটরের প্রত্যেক পরিবাহীতে উৎপন্ন শক্তি (Force Developed on Conductor Carrying Current)

কোন চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে আর্মেচারকে রাখিয়া কুণ্ডলির তার দিয়া কারেন্ট পাঠাইলে আর্মেচার যে ঘোরে, তাহা বুঝা গেল। এইবার আর্মেচারের প্রত্যেক পরিবাহীতে তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় যে বেগ (force) উৎপন্ন হয়, তাহার শক্তি কত হইবে সেই সম্বন্ধে আলোচনা করা হইতেছে।

পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, যদি পাশাপাশি দুইটি পরিবাহী সমান্তরাল (parallel) ভাবে অবস্থিত থাকে এবং তাহাদের মধ্য দিয়া কারেন্ট একই দিকে প্রবাহিত হয়, তবে একটি পরিবাহী অপরটিকে নিজের দিকে টানিতে চেষ্টা করে; আর যদি

পরিবাহী দুইটির মধ্য দিয়া কারেন্ট বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইতে থাকে, তবে তাহারা পরস্পরকে দূরে ঠেলিয়া দেয়। নীচে ১০০নং চিত্রে পরিবাহীর এই অবস্থাই দেখানো হইয়াছে। (ক) চিত্রে দেখানো হইয়াছে যে, দুইটি সমান্তরাল পরিবাহীতে কারেন্ট একই অভিমুখে প্রবাহিত হইতেছে, আর (খ) চিত্রে দেখানো হইয়াছে যে, পরিবাহী দুইটিতে তড়িৎ-প্রবাহ পরস্পরের বিপরীত দিকে যাইতেছে।



১০০নং চিত্র

প্রথমে ১০০(ক)নং চিত্রটি লক্ষ্য কব। কারেন্ট যখন একই অভিমুখে প্রবাহিত হইতে থাকে, তখন প্রত্যেক পরিবাহীর চারিদিকে বৃত্তবৎ আকারে চুম্বক-বলরেখার আবির্ভাব হয়। ইহা পরিবাহীর নীচে দেখানো হইয়াছে। “কর্ক-নিয়ম” (Cork-Screw Rule) প্রয়োগ করিলে দেখা যাইবে যে, এইরূপ ক্ষেত্রে উভয় পরিবাহীর চারিদিকের বলরেখাই দক্ষিণাবর্তে ঘোরে। অতএব ১নং পরিবাহীর চারিদিকে উৎপন্ন বলরেখা উপর হইতে নীচের দিকে আসিবে, আর ২নং পরিবাহীর চারিদিকে উৎপন্ন বলরেখা নীচ হইতে উপরের দিকে উঠিবে। সুতরাং তাহারা পরস্পরের বিপরীত দিকে অগ্রসর হইবে, আর সেই কারণে ১নং পরিবাহী ২নং-কে আকর্ষণ করিবে।

সেইরূপ, ১০০(খ)নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলে বুঝা যাইবে যে, পরিবাহী দুইটিতে বিপরীত অভিমুখে তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার ফলে উভয়ের চারিদিকে যে চুম্বক-বলরেখা উৎপন্ন হয়, তাহারা একই দিকে অগ্রসর হইবে এবং ইহার ফলস্বরূপ ১নং পরিবাহী ২নং-কে ঠেলিয়া দিতে চেষ্টা করিবে। পরিবাহীর মধ্যে এই আকর্ষণ ও বিকর্ষণের জোরের উপরেই মোটের উৎপন্ন শক্তির পরিমাণ নির্ভর করে।

চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত কোন পরিবাহী দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় ঐ পরিবাহীর উপর যে বল (force) কাজ করে, তাহা তিনটি বিষয়ের উপর নির্ভরশীল : এক, চুম্বক-বলরেখার ঘনত্ব (flux density of the magnetic field), দুই, তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ, এবং তিন, চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত পরিবাহীর দৈর্ঘ্য। বল যদি F-দ্বারা চিহ্নিত করা যায়, তবে

$$F = B I l \text{ নিউটন}$$

হইবে।

এখানে B-দ্বারা চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার (গড) ঘনত্ব নির্দেশ করা হইতেছে। চুম্বকক্ষেত্রের প্রতি বর্গমিটারে আয়তনেব মধ্যে গড়ে যত ওয়েবার বলরেখা পাওয়া যায়, ইহার পরিমাণ তত (ওয়েবার/বর্গমিটার) ;

l-দ্বারা চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত পরিবাহীর দৈর্ঘ্য নির্দেশ করা হইতেছে। এই দৈর্ঘ্য মিটার-এ মাপা হয়,

এবং I দ্বারা পরিবাহীর মধ্য দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ নির্দেশ করা হইতেছে। ইহা অ্যাম্পিয়ার-এ মাপা হয়।

উদাহরণ ৬-১। চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে লম্বভাবে অবস্থিত কোন একটি পরিবাহীর দৈর্ঘ্য ০.২২ মিটার। যদি চুম্বকক্ষেত্রে বলরেখার প্রখরতা প্রতি বর্গমিটারে ০.৮ ওয়েবার হয় এবং পরিবাহীর মধ্য দিয়া ৫০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হইতে থাকে, তবে ঐ পরিবাহীর উপর কত বল কাজ করিবে ?

এখানে $B =$ প্রতি বর্গমিটারে ০.৮ ওয়েবার,

$l = ০.২২$ মিটার,

এবং $I = ৫০$ অ্যাম্পিয়ার।

$$\therefore F = B I l$$

$$= ০.৮ \times ০.২২ \times ৫০$$

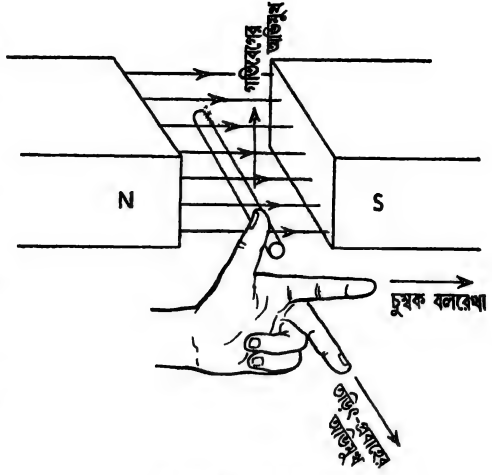
$$= ৮.৮ \text{ নিউটন।}$$

৬-৩। ফ্লেমিং-এর বাম-হস্ত নিয়ম (Fleming's Left-hand Rule)

চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে কোন পরিবাহীকে ঘুরাইলে উঠাতে যে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, তাহার অভিমুখ যেমন ফ্লেমিং-এর দক্ষিণ-হস্ত নিয়মের সাহায্যে বাহির করা যায়, সেইরূপ, চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত কোন পরিবাহী দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইলে ঐ পরিবাহীর গতিবেগ কোন্ দিকে হইবে, তাহা ফ্লেমিং-এর বাম-হস্ত নিয়মের সাহায্যে নির্ণয় করা চলে।

চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার অভিমুখ, ক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত পরিবাহী দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের অভিমুখ এবং পরিবাহীতে যে গতিবেগ উৎপন্ন হয় তাহার অভিমুখ পরস্পরের মধ্যে একটি নির্দিষ্ট সম্বন্ধ বজায় রাখে। ফ্লেমিং-এর বাম হস্ত নিয়ম এই সম্বন্ধই প্রকাশ করে। নিয়মটি নিম্নে বিবৃত করা হইল :-

বাম হস্তের অঙ্গুলী, তর্জনী আর মধ্যমা পরস্পরের সমকোণে রাখিয়া প্রসারিত কর। তর্জনীর দিক চুম্বক রেখাপ্রবাহের অভিমুখে রাখিয়া মধ্যমা বা মাঝের আঙ্গুল পরিবাহী দিয়া যে তড়িৎ প্রবাহিত হয় তাহার অভিমুখে রাখিলে, অঙ্গুল বা বৃদ্ধা আঙ্গুল পরিবাহীর গতির অভিমুখ নির্দেশ করিবে। ১০১নং চিত্রের সাহায্যে ইহাই বুঝানো হইয়াছে।

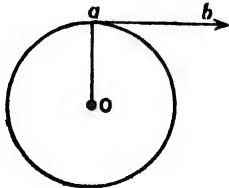


ফ্রেমিং-এর বাম-হস্ত নিয়ম
১০১নং চিত্র

৬-৪। আবর্তি বা ঘূর্ণক (Turning Moment or Torque)

ঘূর্ণক কথাটি বারংবার ব্যবহার করা হইতেছে। সেইজন্য ঘূর্ণক বলিতে কি বুঝায় তাহা বলা আবশ্যক, কারণ মোটরের ক্ষেত্রে ইহা বড়ই দরকারী শব্দ। এই শব্দটি বল-বিজ্ঞান (Mechanics) হইতে লওয়া। বল-বিজ্ঞানে আছে যে, চাকার পরিধিতে অবস্থিত কোন বিন্দুতে যদি এমনভাবে বল প্রয়োগ করা যায় যাহার অভিমুখ ঐ চাকার ব্যাসার্ধের সমকোণে থাকে, তবে চাকার সেই বিন্দু ঘুরিতে চেষ্টা করে, অর্থাৎ এক আবর্তির সৃষ্টি হয়। ইহাকে ইংরাজিতে “টর্কিং মোমেন্ট” বা “টর্ক” বলে।

১০২নং চিত্রে একটি চাকার ব্যাসার্ধ oa -দ্বারা চিহ্নিত করা হইয়াছে। এখন মনে কর, চাকার পরিধির উপর অবস্থিত ‘a’-বিন্দুতে oa -এর সহিত সমকোণ করিয়া ab



১০২নং চিত্র

পরিমাণ বল প্রয়োগ করা হইল। দেখা যাইবে যে ইহাতে ‘a’-বিন্দু দক্ষিণাবর্তে ঘুরিতে চেষ্টা করিতেছে। ab -কে oa -দ্বারা গুণ করিলে যাহা হয়, তাহাই তখন চাকার “ঘূর্ণক” বা “টর্ক” হইবে। যদি বল নিউটনে মাপা হয়, আর চাকার কেন্দ্র হইতে যে বিন্দুতে বল প্রয়োগ করা হইতেছে তাহার অমূলদূরত্ব (perpendicular distance) মাপা হয় মিটারে, তবে

ঘূর্ণকের একক “নিউটন-মিটার” হইবে। কিন্তু যদি বল কিলোগ্রামে আর দূরত্ব মিটারে মাপা হয়, তবে ঘূর্ণকের একক হইবে “কিলোগ্রাম-মিটার”। ব্রিটিশ পদ্ধতিতে আবার বল পাউণ্ডে আর দূরত্ব ফুটে মাপা হইয়া থাকে। তখন ঘূর্ণকের একক প্রকাশ করা হয় “পাউণ্ড-ফুট”-এ।

উদাহরণ ৬-২। একটি ডি সি. মোটরের আর্মেচারের মোট ৪৫০টি পরিবাহীর মধ্যে ৩০০টি পরিবাহী সর্বদাই চুম্বকগুলির সম্মুখে অবস্থান করে। চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত প্রত্যেক পরিবাহীর দৈর্ঘ্য ০.১২৭ মিটার এবং ঐ ক্ষেত্রের বলরেখার প্রথমত্যা প্রতি বর্গমিটারে ০.৬২ ওয়েবার। পূর্বা লোডসহ চলিবার সময় আর্মেচারের ওয়াইন্ডিং দিয়া ১২ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয়। যদি আর্মেচারের ব্যাসার্ধ (শাক্টের কেন্দ্র হইতে পরিবাহীর কেন্দ্র পর্যন্ত দূরত্ব) ৩ ইঞ্চি হয়, তবে মোটরে মোট কত পাউণ্ড-ফুট ঘূর্ণক উৎপন্ন হইবে ?

এখানে $B = ০.৬২$ ওয়েবার/বর্গমিটার,

$l = ০.১২৭$ মিটার,

এবং $I = ১২$ অ্যাম্পিয়ার।

সুতরাং প্রত্যেক পরিবাহীর উপর কার্যকর বলের পরিমাণ

$$F = B l I$$

$$= ০.৬২ \times ০.১২৭ \times ১২ \text{ নিউটন।}$$

কিন্তু ১ নিউটন = ০.২২৪৭ পাউণ্ড।

অতএব $F = ০.৬২ \times ০.১২৭ \times ১২ \times ০.২২৪৭$

$$= ০.২১২৩ \text{ পাউণ্ড।}$$

সুতরাং ৩০০টি পরিবাহীর উপর কার্যকর সমবেত বলের পরিমাণ

$$= ০.২১২৩ \times ৩০০ = ৬৩.৬৯ \text{ পাউণ্ড।}$$

আর্মেচারের ব্যাসার্ধ = ৩ ইঞ্চি = $\frac{৩}{১২}$ ফুট।

অতএব আর্মেচারে উৎপন্ন ঘূর্ণক

$$T = (\text{আর্মেচারের পরিবাহীসমূহের উপর কার্যকর বল}) \times (\text{আর্মেচারের ব্যাসার্ধ})$$

$$= ৬৩.৬৯ \times \frac{৩}{১২}$$

$$= ১৫.৯২ \text{ পাউণ্ড-ফুট।}$$

৬-৫। ডি. সি. মোটরে উৎপন্ন ঘূর্ণকের পরিমাণ (Torque Developed by a D. C. Motor)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত কোন পরিবাহী দিয়া যখন তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে, তখন ঐ পরিবাহীর উপর বল কাজ করে এবং সেই বলের পরিমাণ

$$F = B l I \text{ নিউটন}$$

হয়। এখন, যদি মোটরের আর্মেচারে Z -সংখ্যক পরিবাহী থাকে, তবে সবকয়টি পরিবাহীর উপর কার্যকর সমবেত বলের পরিমাণ

$$Z B l I \text{ নিউটন}$$

হইবে।

মনে কর, আর্মেচারের ব্যাস d মিটার লম্বা। সুতরাং উহার ব্যাসার্ধ $\frac{d}{2}$ মিটার লম্বা হইবে। অতএব, আর্মেচারে উৎপন্ন মোট ঘূর্ণকের পরিমাণ

$$T = (ZBI) \times \left(\frac{d}{2}\right) \text{ নিউটন-মিটার}$$

হইবে। আর্মেচারের ব্যাস d মিটার বলিয়া উহার পরিধি πd মিটার হইবে। মোটের যদি P -সংখ্যক ফীল্ড-পোল থাকে, তবে প্রত্যেক পোলের অবীক্ষে এই পরিধির $\frac{\pi d}{P}$ অংশ অবস্থান করিবে। সুতরাং আর্মেচারের উপবিভাগে $l \times \frac{\pi d}{P}$ বর্গমিটার অংশ সর্বদাই প্রত্যেক পোলের সম্মুখে থাকিবে।

এইবার মনে কর, মোটের প্রত্যেকটি ফীল্ড পোল বা চুম্বক যে বলবেশা উৎপন্ন করে তাহার পরিমাণ ϕ ওয়েবাব।

$$\therefore \phi = B \times l \left(\frac{\pi d}{P}\right) \text{ ওয়েবাব।}$$

$$\text{অতএব } B = \frac{\phi P}{\pi dl} \text{ ওয়েবাব/বর্গমিটার।}$$

B -এর এই মান প্রয়োগ করিলে দেখা যাইবে যে,

$$\begin{aligned} T &= Z \left(\frac{\phi P}{\pi dl}\right) l \left(\frac{d}{2}\right) \\ &= \frac{1}{2} (\phi ZPI) \\ &= 0.159 \phi ZPI \text{ নিউটন-মিটার।} \end{aligned}$$

মনে কর, পূর্বা লোডসহ চলিবার সময় আর্মেচার দিয়া I_a অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়। এখন, আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিংয়ে যদি A -সংখ্যক প্যারালেল রাস্তা থাকে, তবে

$$I = \frac{I_a}{A} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হইবে।

$$\begin{aligned} \therefore T &= 0.159 \phi ZP \frac{I_a}{A} \\ &= 0.159 \phi ZI_a \frac{P}{A} \text{ নিউটন-মিটার} \end{aligned}$$

হইবে।

যদি ঘূর্ণক কিলোগ্রাম-মিটারে প্রকাশ করিতে হয়, তবে

$$\begin{aligned} T &= \frac{0.159}{2.248} \phi ZI_a \frac{P}{A} \\ &= 0.0702 \phi ZI_a \frac{P}{A} \text{ কিলোগ্রাম-মিটার} \end{aligned}$$

হইবে।

আর যদি স্বর্ণক পাউণ্ড-ফুটে প্রকাশ করিতে হয়, তবে

$$T = \frac{0.142}{1.35} \phi Z I_a \frac{P}{A}$$

$$= 0.117 \phi Z I_a \frac{P}{A} \text{ পাউণ্ড-ফুট}$$

হইবে।

ইতিপূর্বে আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিং সম্বন্ধে আলোচনা করিবার সময় বলা হইয়াছে যে, ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে $A=P$, আর ওয়েভ ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে $A=2$ হয়। আবার, কোন একটি নির্দিষ্ট মোটরের ক্ষেত্রে Z , P এবং A —এই তিনটি সংখ্যার মান সর্বদা অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া

$$T = K \phi I_a \text{ নিউটন-মিটার}$$

বলা যায়। এখানে $K = 0.142 \frac{Z P}{A}$, এবং ইহা একটি অপরিবর্তিত সংখ্যা, মোটরে লোড কম বা বেশী হইলেও এই সংখ্যার কোন তারতম্য ঘটে না। অতএব দেখা যাইতেছে যে, ডি. সি. মোটরে যে স্বর্ণক উৎপন্ন হয় তাহাব পরিমাণ ফীল্ডের উত্তেজন (ϕ) এবং আর্মেচার-কারেন্ট (I_a)—এই দুইয়ের গুণফলের সমানুপাতি, অর্থাৎ ফীল্ডের উত্তেজন কম-বেশী করিয়া, কিংবা আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ কম-বেশী করিয়া, কিংবা উভয়কেই কম-বেশী করিয়া ঘণকের পরিমাণ প্রয়োজনমত কমানো বা বাড়ানো যাইতে পারে।

উদাহরণ ৬-৩। একটি মোটরের আর্মেচার দিয়া যখন ৫০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তখন উৎপন্ন স্বর্ণকের পরিমাণ ৬০ নিউটন-মিটার থাকে। যদি আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ বৃদ্ধি করিয়া ৮০ অ্যাম্পিয়ার করা যায়, এবং একই সঙ্গে ফীল্ডের উত্তেজন শতকরা ২৫ ভাগ কম রাখা হয়, তবে উৎপন্ন স্বর্ণকের পরিমাণ কত হইবে?

$$\text{এখানে } T_1 = ৬০ \text{ নিউটন-মিটার,}$$

$$I_{a1} = ৫০ \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$\text{এবং } I_{a2} = ৮০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

চুম্বকের উত্তেজন যখন শতকরা ২৫ ভাগ কম রাখা হয়, তখন চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা শতকরা ৭৫ ভাগ থাকে। সুতরাং প্রথম অবস্থায় বলরেখার সংখ্যা যদি ϕ ওয়েবার ধরা যায়, তবে দ্বিতীয় অবস্থায় বলরেখার সংখ্যা 0.75ϕ ϕ ওয়েবার হইবে।

$$\text{এখন, } T_1 = K \phi I_{a1}$$

$$\text{অথবা } ৬০ = K \phi \times ৫০ \text{ নিউটন-মিটার,}$$

$$\text{এবং } T_2 = K 0.75\phi I_{a2}$$

$$= K \times 0.75 \phi \times ৮০ \text{ নিউটন-মিটার।}$$

$$\text{অতএব } \frac{T_2}{T_1} = \frac{K \times 0.75 \phi \times ৮০}{K \phi \times ৫০} = \frac{0.75 \times ৮০}{৫০}$$

$$\begin{aligned}
 \therefore T_2 &= \frac{0.95 \times 70 \times T_1}{50} \\
 &= \frac{0.95 \times 70 \times 60}{50} \\
 &= 92.0 \text{ নিউটন-মিটার।}
 \end{aligned}$$

উদাহরণ ৬-৪। একটি ৪-পোল বিশিষ্ট ডি. সি. মোটরের আর্মেচার ল্যাপ ওয়াইন্ডিং যুক্ত। আর্মেচারে ৩০টি খাঁজ আছে, আর প্রত্যেক খাঁজে ২০টি করিয়া পরিবাহী আছে। যদি ফ্রাকশন প্রতি পোল ২৩ মিলিওয়েবার চুম্বক বলের দ্বারা উৎপন্ন করে, আর আর্মেচার দিয়া ৫০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয় তবে মোটরে কত (ক) পাউণ্ড-ফুট, (খ) নিউটন-মিটার ঘূর্ণক উৎপন্ন হইবে?

এখানে $\phi = 23$ মিলিওয়েবার $= 0.023$ ওয়েবার,

$$Z = 60 \times 20 = 1200,$$

$$I_a = 50 \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$P = 8,$$

এবং $A = 8$ (ল্যাপ ওয়াইন্ডিং বলিয়া)।

$$\begin{aligned}
 \text{(ক)} \quad T &= 0.118 \phi Z I_a \frac{P}{A} \text{ পাউণ্ড-ফুট} \\
 &= 0.118 \times 0.023 \times 1200 \times 50 \times \frac{8}{8} \\
 &= 163.0 \text{ পাউণ্ড-ফুট।}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{(খ)} \quad T &= 0.122 \phi Z I_a \frac{P}{A} \text{ নিউটন-মিটার} \\
 &= 0.122 \times 0.023 \times 1200 \times 50 \times \frac{8}{8} \\
 &= 212.5 \text{ নিউটন-মিটার।}
 \end{aligned}$$

৬-৬। মোটর চলিতে আরম্ভ করার পরের অবস্থা

মোটর সন্ধে আলোচনা করিবার সময় যে তিনটি মূল বিষয়ের কথা উল্লেখ করা হইয়া থাকে, তাহাদের “মোটরের মূল সূত্র” (Fundamental Equations of Motors) বলা হয়। এই তিনটি সূত্র হইতেছে—(১) মোটরের আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী ভড়িচ্চালক বল, ইহা হইতে কত লোড লইয়া মোটর কত দূরে ঘুরিবে, তাহা বাহির করা যায়, (২) মোটরের আর্মেচার-কয়েল দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ, ইহা হইতে কত লোডে মোটর কত কারেন্ট লইবে, তাহা জানা যায়; (৩) মোটরের আর্মেচারে উৎপন্ন ঘূর্ণকের পরিমাণ; ইহা হইতে কত লোডে মোটর কত “অর্থ-শক্তি” উৎপাদন করিতে পারিবে, তাহা বুঝা যায়।

এই তিনটি সূত্র জানা গেলে যে-কোন মোটর সন্ধে বাহ্যিক কিছু জ্ঞাতব্য বিষয়, সমস্তই জানা হয়। তখন কোন এক বিশেষ লোড বহন করিবার পক্ষে কত ক্ষমতার আর কোন জাতের মোটর উপযুক্ত হইবে, তাহা সহজেই ঠিক করিতে পারা যায়।

(১) আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল (Back Electromotive Force or Counter Electromotive Force induced in the Armature)

জেনারেটরের ক্ষেত্রে দেখা গিয়াছে যে, যে-কোন উপায়েই পরিবাহীকে ঘুরানো হউক না কেন, যখনই কোন পরিবাহী চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখা ছেদ করে, তখনই উহাতে তড়িৎ-চাপ বা তড়িচ্চালক বল (electromotive force) আবিষ্ট হয়। মোটরের ক্ষেত্রেও অনুরূপ ঘটনাই ঘটে। মোটর যখন চলিতে আরম্ভ করে, তখন আর্মেচারের খাঁজের মধ্যে অবস্থিত পরিবাহীসমূহ একদিকে যেমন তড়িৎ-প্রবাহ বহন করে আর ঘূর্ণক উৎপন্ন করে, অপরদিকে তেমনি চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে ঘোরে বলিয়া বলরেখা ছেদন করিতে থাকে; ফলে তাহাদের মধ্যেও তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয়। আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের অভিমুখ বাহির করিতে হইলে জেনারেটরের ন্যায় এক্ষেত্রেও ফ্রেমিং-এর দক্ষিণ-হস্ত নিয়ম প্রয়োগ করিতে হইবে। তখন দেখা যাইবে যে, এই আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের অভিমুখ আর্মেচার-কয়েল দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের অভিমুখের ঠিক বিপরীত। যতক্ষণ মোটর চলিতে থাকে, ততক্ষণ এই তড়িচ্চালক বল বর্তমান থাকে, আর তাহা মোটরের আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেন্টকে বাধা দেয় বলিয়া সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজকেও বাধা দিতে থাকে, অর্থাৎ ঐ ভোল্টেজের বিপরীত দিকে কাজ করে। সেইজন্যই ইহাকে “বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল” বা ইংরাজিতে “ব্যাক ইলেক্ট্রোমোটিভ ফোর্স” বলে।

বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল প্রকৃতপক্ষে পরিবাহীতে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ। সুতরাং যে সূত্রের (formula) সাহায্যে জেনারেটরের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ বাহির করা যায়, সেই একই সূত্রের সাহায্যেই মোটরের বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল নির্ণয় করা চলে। যদি বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল E_b -দ্বারা চিহ্নিত করা হয়, তবে

$$E_b = \phi Z \frac{N}{60} \frac{P}{A} \text{ ভোল্ট}$$

হইবে। ইহা হইতে মোটর কত জোরে ঘুরিবে, তাহা বাহির করা যায়। মোটর প্রতি মিনিটে যত পাক ঘোরে, উপরের সূত্র অনুযায়ী তাহার সংখ্যা

$$N = \frac{60 \cdot E_b \cdot A}{\phi Z P}$$

হইবে। এখন, মোটরের লোড কম বা বেশী হইলেও A , Z এবং P —ইহাদের পরিমাণের কোন তারতম্য ঘটে না। সুতরাং যদি $\left(\frac{60 \cdot A}{Z P} \right)$ —এই রাশিকে K' আখ্যা দেওয়া যায়, তবে

$$N = K' \frac{E_b}{\phi}$$

হইবে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, ডি. সি. মোটরের গতিবেগ আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বলের সমানুপাত, আর ফীল্ডের বলরেখার সংখ্যার বিপরীত

অনুপাতি। সেইজন্য আর্মেচারে যত বেশী বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, মোটরের গতিবেগ ততই বৃদ্ধি পাইতে থাকে, আর এই চাপ কমিয়া গেলে সঙ্গে সঙ্গে মোটরের গতিবেগও হ্রাস পায়। কিন্তু ফীল্ডের উত্তেজনের সঙ্গে গতিবেগের সম্বন্ধ ইহার ঠিক বিপরীত থাকে। যদি ফীল্ডের উত্তেজন বাড়ানো যায়, তবে মোটর আন্তে চলে, আর ফীল্ডের প্রখণ্ডতা কম করিলে মোটর অপেক্ষাকৃত বেশী জ্বরে চলিতে আরম্ভ করে।

(২) মোটরের আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ (Armature Current of the Motor)

মোটরের আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজকে বাধা দেয় বলিয়া আর্মেচার-সার্কিটের কার্যকর ভোল্টেজ তাহাদের উভয়ের পার্থক্যের সমান হয়। এই ভোল্টেজকে সার্কিটের রোধ বা রেজিস্ট্যান্স দিয়া ভাগ করিলেই আর্মেচার দিয়া কি পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হইতে পারে, তাহা জানা যায়। যদি লাইনের ভোল্টেজ V -দ্বারা, আর্মেচারের রোধ R_a -দ্বারা এবং আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেন্ট I_a -দ্বারা চিহ্নিত করা হয়, তবে

আর্মেচার-সার্কিটের কার্যকর চাপ = $V - E_b$ ভোল্ট,

$$\text{আর} \quad I_a = \frac{V - E_b}{R_a} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হইবে। হুতা মোটরের পক্ষে একটি দৃষ্টান্ত মূলস্থ। এই স্থত্রে হইতে দেখা যাইবে যে $E_b = V - I_a R_a$ ভোল্ট।

সুতরাং লাইন-ভোল্টেজ হইতে মোটরের আর্মেচারে তড়িৎ-চাপের যত ঘাটতি ($I_a R_a$ -drop) হয় তাহা বাদ দিলে বিপরীতমুখী তড়িৎ চাপের পরিমাণ জানা যায়।

বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল লাইনের ভোল্টেজ অপেক্ষা কিছু কম হইতে বাধা, কারণ ইহার পরিমাণ যদি বেশী হয়, তবে লাইন হইতে তড়িৎ-প্রবাহ মোটরে প্রবেশ করার পরিবর্তে মোটরই লাইনে কারেন্ট পাঠাইতে আরম্ভ করিবে। তখন মেনিন মোটর হিসাবে না চলিয়া জেনারেটার হিসাবে কাজ করিবে, ইহা হইতে পারে না। অতএব, এই তড়িচ্চালক বল আবার লাইন-ভোল্টেজের সমানও হইতে পারে না, কারণ তাহা হইলে বাহিরের ভোল্টেজ এই তড়িৎ-চাপের বাধা অতিক্রম করিয়া মোটরে কারেন্ট পাঠাইতে পারিবে না, অর্থাৎ $V - E_b = 0$ হইবে। সুতরাং তড়িৎ-প্রবাহ প্রবেশ না করিতে মোটর তখন থামিয়া যাইবে। অতএব V অপেক্ষা E অবশ্যই কম হইবে, এবং উভয়ের মধ্যে পার্থক্য এমন হওয়া চাই যাহাতে মোটর চলিবার সময় আর্মেচার-কয়েল দিয়া কারেন্ট উপযুক্ত পরিমাণে প্রবাহিত হইতে পারে।

(৩) মোটরের আর্মেচারে উৎপন্ন যান্ত্রিক শক্তির পরিমাণ (Mechanical Power Developed in the Armature of the Motor)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, মোটর তড়িৎ-শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে। কোন মোটরে কারেন্ট দিলে যখন উহার আর্মেচার ঘূরিতে আরম্ভ করে,

তখন আর্মেচারের ঐ গতিবেগের মাধ্যমেই আমরা সেই মেশিন হইতে যান্ত্রিক শক্তি পাই এক তাহা নানা কাজে ব্যবহার করি। ব্রিটিশ পদ্ধতিতে এই যান্ত্রিক শক্তি যে এককে মাপা হয়, তাহাকে “অশ্ব-শক্তি” বা “হর্স-পাওয়ার” (Horse Power) বলে। এখন, কোন্ মোটরে কত অশ্ব-শক্তি উৎপন্ন হয়, তাহার আন্দাজ নিম্নলিখিত উপায়ে দেওয়া যাইতে পারে :—

মনে কর, কোন খনির ভিতর হইতে কয়লা উত্তোলন করা হইতেছে। যদি দড়ির একদিকে ১ পাউণ্ড ওজনের একটি কয়লার চাঙড থাকে, আর তাহাকে এমন বেগে টানিয়া তোলা হয় যে, চাঙডটি প্রতি সেকেন্ডে ৫৫০ ফুট করিয়া উপরে ওঠে (কিংবা প্রতি মিনিটে $৫৫০ \times ৬০ = ৩৩০০০$ ফুট ওঠে), তবে তাহাতে যত শক্তি খরচ হয়, তাহা ১ অশ্ব-শক্তির সমান। যদি কোন মোটর এই পরিমাণ কাজ করে, তবে চলতি ভাষায় তাহাকে “১ ঘোড়ার মোটর” (one horse power motor) বলা হইয়া থাকে। সুতরাং এইভাবে মোটরের অশ্ব-শক্তি হিসাব করিতে পারা যায় :—

$$\begin{aligned} \text{অশ্ব-শক্তি} &= \frac{\text{যত প ও মাল উঠিতেছে} \times \text{প্রতি সেকেন্ডে যত ফুট উঠিতেছে}}{৫৫০} \\ \text{হর্স-পাওয়ার} &= \frac{\text{যত পাউণ্ড মাল উঠিতেছে} \times \text{প্রতি মিনিটে যত ফুট উঠিতেছে}}{৩৩০০০} \end{aligned}$$

টর্ক বা ঘূর্ণক হইতেও অশ্ব-শক্তি হিসাব কবা যায়। মোটরের শাফটের সঙ্গে চাকা বা ‘পুলি’ (pulley) আটা থাকে, আর তাহার সঙ্গে চামড়া বা বেল্ট (belt)-এর সাহায্যে সংযুক্ত থাকিয়া অল্প মেশিন চলে। মোটরকে কোন কাজ করিতে হইলে তাহার পুলিব উপর অবস্থিত দড়ি কিংবা বেল্টের উপর যত টান পড়ে, যদি তাহাকে পুলিব ব্যাসার্ধ দিয়া গুণ করা হয়, তবে ঘূর্ণক পাওয়া যায়। এখন এই টানের জন্য যেমনি মোটর এক পাক ঘূরিল, অর্থাৎ বেল্ট বা দড়ি যতটা ঘুরিল তাহার পরিমাণ পুলির পবিধির সমান হইবে।

পুলির পরিধি = $২\pi \times$ পুলির ব্যাসার্ধ। যদি পুলির ব্যাসার্ধ r ফুট হয়, তবে পুলির পরিধি হইবে $২\pi r$ ফুট। সুতরাং প্রতি পাউণ্ড মাল তুলিতে মোটরের প্রতি পাকে যে পরিমাণ কাজ হয়, তাহার পরিমাণ $২\pi r$ ফুট-পাউণ্ড হইবে। কিন্তু যে বল প্রয়োগ করা হইতেছে, তাহাকে ব্যাসার্ধ দিয়া গুণ করিলে ঘূর্ণক পাওয়া যায়। সুতরাং চাকার প্রতি পাকে $২\pi T$ ফুট-পাউণ্ড কাজ হইতেছে। যদি মোটর প্রতি মিনিটে N -পাক ঘোরে, তবে প্রতি মিনিটে $২\pi TN$ ফুট-পাউণ্ড কাজ হইবে, এবং সেই কাজকে ৩৩০০০ দ্বারা ভাগ করিলে মোটরের অশ্ব শক্তি পাওয়া যাইবে। অতএব মোটরের আর্মেচারে উৎপন্ন যান্ত্রিক শক্তির পরিমাণ

$$\frac{২\pi TN}{৩৩০০০} \text{ অশ্ব-শক্তি}$$

হইবে। এই স্থরের সাহায্যেই ঘূর্ণক আর অশ্ব-শক্তির মধ্যে কি সংঘর্ষ, তাহা জানা যায়।

কোন মোটর যখন চলিতে থাকে, তখন উহার আর্মেচার দ্বারা যে কারেন্ট প্রবাহিত হয় তাহাকে যদি আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপের দ্বারা গুণ করা যায়, তবে মোটর যত শক্তি উৎপন্ন করিতেছে তাহা পাওয়া যায়। ইহাকে মোটরের “আউটপুট পাওয়ার” (Output Power) বলে। সুতরাং মোটরে উৎপন্ন শক্তির পরিমাণ

$$= E_b I_a \text{ ওয়াট।}$$

এখন, যেহেতু ৭৪৬ ওয়াটে এক অশ্ব-শক্তি হয়, অতএব মোটরের ক্ষমতা

$$\frac{E_b I_a}{৭৪৬} \text{ অশ্ব-শক্তি}$$

হইবে। এই ক্ষমতার সমস্তটাই কিন্তু পুলির উপর পাওয়া যায় না। লোহার অংশের অপচয় (Iron Losses or Core Losses) ও ঘর্ষণের অপচয়ের (Frictional Losses) জন্য ক্ষমতার পরিমাণ কিছুটা হ্রাস পায় এবং বাকী অংশ পুলিতে পৌঁছায়। ইহাই মোটরের প্রকৃত ক্ষমতা বা কার্যকর আউটপুট (Useful Output)।

এইবার উপরের সূত্রগুলি লক্ষ্য করিলেই বুঝা যাইবে যে,

$$\frac{E_b I}{৭৪৬} = \frac{2\pi TN}{৩৬০০}$$

$$\therefore T = \frac{৩৬০০ \cdot E_b I_a}{৭৪৬ \times 2\pi N} = ৭.০৪ \frac{E_b I_a}{N} \text{ পাউণ্ড-ফুট।}$$

ইহা আর্মেচারে উৎপন্ন মোট ঘূর্ণক। ইংবাজিতে ইহাকে “আর্মেচার-টর্ক” (Armature Torque) বা “টোটাল টর্ক” (Total Torque) বলে। পুলিতে যে ঘূর্ণক কাজ করে, তাহার পরিমাণ ইহা অপেক্ষা কম। পুলির ঘূর্ণকেই মোটরের “কার্যকর ঘূর্ণক” (Useful Torque) বা “শাফট টর্ক” (Shaft Torque) বলা হয়। এই ঘূর্ণকের পরিমাণ

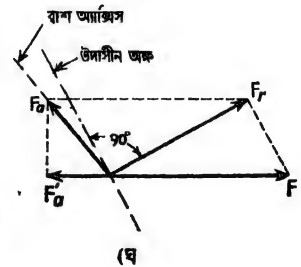
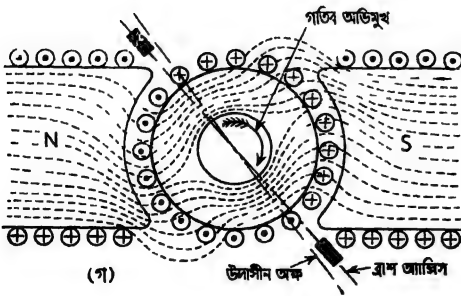
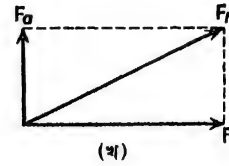
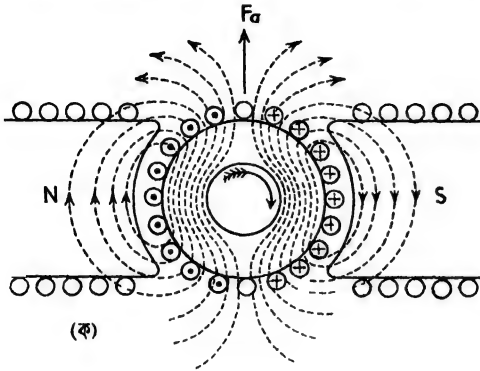
$$T_h = ৭.০৪ (E_b I_a - \text{লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয়}) \frac{\text{পাউণ্ড-ফুট}}{N}$$

মোটরের প্রকৃত ক্ষমতা = $\frac{E_b I_a - \text{লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয়}}{৭৪৬}$ অশ্ব-শক্তি। ইহাকে মোটরের “ব্রেক হর্স-পাওয়ার” (Brake Horse Power) বা সংক্ষেপে B. H. P. বলে, আর $\frac{E_b I_a}{৭৪৬}$ অশ্ব-শক্তিকে মোটরের “ইলেকট্রিক্যাল হর্স-পাওয়ার” (Electrical Horse Power) বলা হয়।

৬-৭। ডি. সি. মোটরে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া এবং ব্রাশের অবস্থান (Armature Reaction and Brush Position in a D. C. Motor)

আর্মেচারের চুম্বকত্বের জন্য জেনারেটরের ক্ষেত্রে যে-সকল প্রতিক্রিয়ার কথা বলা হইয়াছে, মোটরের ক্ষেত্রেও সেই সকল প্রতিক্রিয়াই দেখা দেয়। ফীল্ড-পোলার সম্মুখে আর্মেচারের যে-সকল পরিবাহী থাকে, তাহারা প্রধান ফীল্ডের বলরেখাকে বাঁকাইয়া

দেয় (distort করে), আর এক চুম্বক হইতে অন্য চুম্বকের অগ্রভাগ পৰ্বলত্ব অংশে যে-সকল পরিবাহী থাকে, তাহার প্রধান ফীল্ডের বলরেখার প্রথরতা হ্রাস (demagnetise) করে। কিন্তু মোটরের আর্মেচার দিয়া কারেন্ট যে অভিমুখে প্রবাহিত হয়, জেনারেটরের আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত হয় তাহার বিপরীত অভিমুখে। সেইজন্য মোটরে উৎপন্ন আর্মেচারের চুম্বকত্ব জেনারেটরে উৎপন্ন আর্মেচারের চুম্বকত্বের ঠিক বিপরীত দিকে কাজ করে। লোডসহ চলিবার সময় জেনারেটরের ব্রাশে যাহাতে আগুন না দেয়, সেইজন্য যেমন ব্রাশকে আবশ্যক মত আর্মেচারের আবর্তনের অভিমুখে সরাইয়া দিতে হয়, তেমনি লোডসহ চলিবার সময় মোটরের ব্রাশকেও আর্মেচারের আবর্তনের বিপরীত দিকে আবশ্যক মত সরাইয়া দেওয়ার প্রয়োজন দেখা দেয়। ১০৩নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারিবে।



ডি. সি. মোটরে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া

১০৩ নং চিত্র

১০৩(ক)নং চিত্রে একটি দুই পোলার মোটর দেখানো হইয়াছে। মোটরের আর্মেচার দক্ষিণাবর্তে ঘুরিতেছে, আর উহার উত্তর মেরু বামদিকে অবস্থিত আছে। কেবল আর্মেচার-কয়েল দিয়াই কারেন্ট প্রবাহিত হইতেছে, ফীল্ড-কয়েলে কোন কারেন্ট ১৫ [ডি. সি.]

নাই। এখন, আর্মেচারের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ যে চুম্বক রেখাপ্রবাহ উৎপন্ন করিতেছে, তাহা মেরুদ্বয়ের অক্ষরেখার উপর লম্বভাবে অবস্থিত আছে। ইহার পরিমাণ ও অভিমুখ F_a -দ্বারা চিহ্নিত রেখাটির সাহায্যে ১০৩(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই চুম্বক রেখাপ্রবাহের সহিত প্রধান ফীল্ডের বলরেখা (F -দ্বারা চিহ্নিত রেখা) একত্রিত হইয়া চুম্বকক্ষেত্রে যে সমবেত বলরেখা উৎপন্ন করিতেছে, তাহার পরিমাণ ও অভিমুখের রেখা F_r -দ্বারা চিহ্নিত করা হইয়াছে। এইবার ১০৩(গ)নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, চুম্বকক্ষেত্রের এই সমবেত বলরেখা বাঁকিয়া গিয়াছে এবং উহার ঘনত্ব পোলের অগ্রভাগের যে অংশ দিয়া আর্মেচারের পরিবাহী পোলার নীচে প্রবেশ করিতেছে সেই দিকে বেশী, আর অন্ত্র অংশের দিকে কম আছে। তাহা ছাড়া আরও দেখা যাইবে যে, F_r -এর সহিত লম্বভাবে অবস্থিত মোটরের উদাসীন অক্ষ (Neutral plane) আর্মেচারের আবর্তনের বিপরীত দিকে সরিয়া গিয়াছে। সেইজন্যই লোডসহ চলিবার সময় মোটরের ব্রাশকে আর্মেচারের আবর্তনের বিপরীত দিকে প্রয়োজন মত সরাইয়া দিতে হয়।

মোটর লোডসহ চলিবার সময় যদি আর্মেচার-কয়েলে রিয়াক্টিভ ভোল্টেজ (reactance voltage) আবিষ্ট না হইত, তবে ব্রাশের অক্ষরেখা মোটরের উদাসীন অক্ষের উপরেই অবস্থান করিতে পারিত। কিন্তু কয়েলে রিয়াক্টিভ ভোল্টেজ উৎপন্ন হয় বলিয়াই ব্রাশের অক্ষরেখা উদাসীন অক্ষ হইতে আরও কিছুটা পিছাইয়া থাকে। ১০৩(ঘ)নং চিত্রে ইহাই দেখানো হইয়াছে। ব্রাশকে এইভাবে পিছাইয়া দেওয়াতে চুম্বকক্ষেত্রে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার ফল দুইভাবে দেখা দেয় : এক, প্রধান চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখা বাঁকিয়া যায়, এবং দুই, আংশিকভাবে প্রধান পোলার চুম্বক ক্ষয় হয়। আর্মেচার-চুম্বকক্ষেত্রের F_a অংশ F -এর বিপরীতমুখী হওয়াতে উহাই চুম্বকক্ষেত্রে বলরেখার সংখ্যা হ্রাস করে। এখন, যেহেতু আর্মেচারের গতিবেগ চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যার বিপরীত অল্পপাতি, অতএব মোটরে যত বেশী লোড পড়ে, আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া উহার গতিবেগ ততই বৃদ্ধি করিতে চেষ্টা করে। এমন কি, আর্মেচার আর পোলার মধ্যে যদি হাওয়ার ফাঁক (air-gap) কম থাকে, তবে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া এত বেশী প্রবল হইয়া উঠিতে পারে যে, গতিবেগ অতিরিক্ত বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য মোটরটি তখন সম্পূর্ণরূপে ধ্বংস হইতেও পারে। সেই কারণে আজকাল যে-সকল মোটর সাধারণতঃ দুই দিকেই পরিচালিত হয়, তাহাদের আর্মেচার আর ফীল্ডের মধ্যে হাওয়ার ফাঁক একই অভিমুখে চলা মোটর অপেক্ষা কিছু বেশী করিয়া রাখা থাকে। ইহাতে ঐ জায়গায় আর্মেচারের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণের জোর অপেক্ষাকৃত কম হয়।

মোটর চলিতে থাকার সময় আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার দমন যে-সকল অস্থবিধা দেখা দেয়, তাহার প্রতিকার নিম্নলিখিত উপায়ে করা যাইতে পারে :—

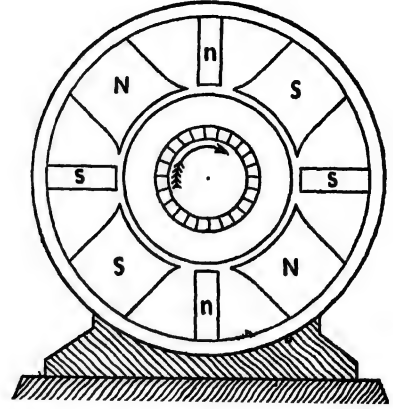
(১) জ্যামিতিক উদাসীন অক্ষ হইতে ব্রাশকে সরাইয়া দেওয়ার জন্য আর্মেচারে বর্তটা চুম্বক বল-হ্রাসকারী অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ উৎপন্ন হয়, ফীল্ড-কয়েলের পাকের সংখ্যা

বুদ্ধি করিয়া উহার অ্যাম্পিয়ার-টার্ণ ততটা বাড়াইয়া দিলে প্রধান চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা আর কম হইতে পারে না।

(২) মোটর তৈরীর পরিকল্পনা রচনার সময় উহার ফীল্ড-পোল দিয়া এত প্রথর চুম্বকত্বের ব্যবস্থা করা হয় বাহাতে পোলের মুখে লোহা প্রায় সংপৃক্ত অবস্থায় থাকে। ইহাতে আর্মেচারে উৎপন্ন চুম্বকত্ব প্রধান বলরেখাকে বড় বেশী বাঁকাইতে পারে না।

(৩) বাহাতে প্রধান বলরেখা না বাঁকিতে পারে, সেইজন্য ও প্রত্যেক ফীল্ড-কয়েলে অতিরিক্ত পাক জড়ানো হয়। ইহার পরিমাণ ঠিক জেনারেটোরের হিসাব মতই হইয়া থাকে।

(৪) রিয়াক্‌ট্যান্স ভোল্টেজ ও আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া উভয়ের প্রতিকার একই সঙ্গে করিতে হইলে মোটরে সহায়ক-পোল (Interpole) ব্যবহার করাই সর্বশ্রেষ্ঠ উপায়। তবে মোটরের সহায়ক-পোলের মেরু জেনারেটোরের সহায়ক-পোলের মেরুত্বের বিপরীত হওয়া চাই, অর্থাৎ মোটরের সহায়ক-পোলের মেরুত্ব এমন হওয়া চাই বাহাতে কোন এক আর্মেচার-কয়েল যখন উত্তর মেরুর এলাকা হইতে বাহির হইয়া দক্ষিণ মেরুর দিকে যায়, তখন উহা যেন সম্মুখে উত্তর মেরু-ওয়াল সহায়ক-পোল পায়। ১০৪নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারিবে।



ডি. সি. মোটরে প্রধান পোল ও
সহায়ক-পোল অবস্থান
১০৪নং চিত্র

ডি. সি. মোটরের শ্রেণী-বিভাগ

(Classification of D. C. Motors)

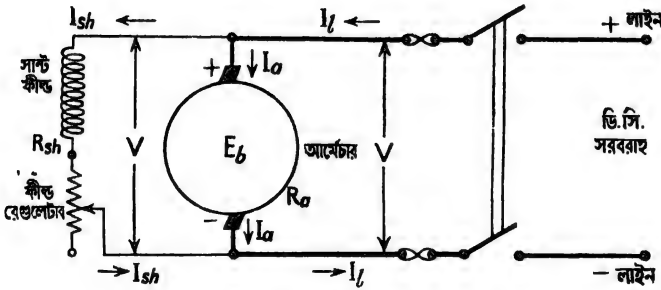
ডি. সি. জেনারেটর আর ডি. সি. মোটর অভিন্ন মেশিন বলিয়া তাহাদের শ্রেণী-বিভাগও একই রকমের হইয়া থাকে। মেশিনের এই শ্রেণী-বিভাগ উহার আর্মেচারের সহিত ফীল্ড-কয়েল কিরূপে সংযুক্ত থাকে, প্রধানতঃ তাহার উপরেই নির্ভর করে। মোটরের ফীল্ডকেও উহার আর্মেচারের সহিত প্যার্যাললেলে, সিরিজে এবং সিরিজ-প্যার্যালেলের সমবায়ে সংযুক্ত করা যায়, আর সেই অনুসারেই মেশিনকে তখন যথাক্রমে সান্ট মোটর, সিরিজ মোটর এবং কম্পাউণ্ড মোটর নামে অভিহিত করা হয়।

কম্পাউণ্ড মোটরের ফীল্ড-কয়েলকে আবার দুই রকমে সংযুক্ত করা চলে। আর্মেচারের সহিত এই মোটরের সিরিজ আর সান্ট ফীল্ডকে এমনভাবে সংযুক্ত করা

যায় বাহাতে তাহাদের মধ্য দিয়া কারেন্ট একই দিকে প্রবাহিত হইতে পারে। তখন সিরিজ ফীল্ডে উৎপন্ন চুম্বকত্ব শাণ্ট ফীল্ডে উৎপন্ন চুম্বকত্বকে আরও বাড়াইয়া তোলে। এই প্রকার মেশিন 'কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর' নামে পরিচিত। কিন্তু মোটরের ফীল্ড দুইটি দিয়া যখন কারেন্ট বিপরীত দিকে প্রবাহিত হয়, তখন সিরিজ ফীল্ড শাণ্ট ফীল্ডকে বাধা দেয়, আর সেই সঙ্গে শাণ্ট ফীল্ডের প্রাথমতা অনেকাংশে কমিয়া যায়। এইরূপক্ষেত্রে মেশিনটিকে 'ডিফারেন্সিয়্যাল কম্পাউণ্ড মোটর' বলা হইয়া থাকে।

৬-৮। শাণ্ট মোটর (Shunt Motor)

শাণ্ট জেনারেটরের ত্রায় শাণ্ট মোটরেও ফীল্ড-কয়েল আর্মেচারের সহিত পার্যালেলে সংযুক্ত থাকে। পজিটিভ লাইন হইতে কারেন্ট এই মোটরে প্রবেশ করে এবং পজিটিভ ব্রাশে আসিয়া তাহা দুইভাগে বিভক্ত হয়। এক ভাগ কারেন্ট ফীল্ড দিয়া আর প্রধান ভাগ আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত হইয়া পুনরায় তাহারা নেগেটিভ ব্রাশে আসিয়া মিলিত হইবার পরে সেই মিলিত তড়িৎ-প্রবাহ নেগেটিভ লাইনে কিরিয়া যায়। ১০৫নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারিবে।

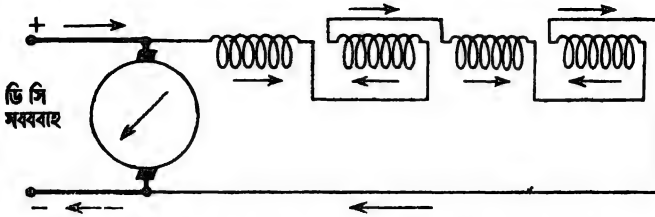


সরবরাহ লাইনের সহিত শাণ্ট মোটরের সংযোগ

১০৫নং চিত্র

ফীল্ড দিয়া যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাহার পরিমাণ আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের প্রায় শতকরা দশভাগ থাকে। কাজেই ফীল্ড-কয়েলের তার আর্মেচার-কয়েলের তারের তুলনায় খুব সুরু হয়। সেইজন্য কোন মোটর দেখিয়া চিনিতে হইলে প্রথমেই উহার ফীল্ডের তার কতটা সুরু বা মোটা তাহা পরীক্ষা করা উচিত, পরে দেখিতে হয় প্রত্যেক কুণ্ডলিতে কত পাক তার আছে। ঠিক জেনারেটরের মতই শাণ্ট মোটরে ফীল্ডের কুণ্ডলিতে সুরু তারের বহু পাক থাকে, আর সেই কুণ্ডলির সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকে একটি পরিবর্তনশীল রোধক (variable resistor)।

একটি সাণ্ট মোটৰে যদি চাৰিটি ফীল্ড-পোল থাকে, তবে প্রত্যেক পোলের গায়ে জড়ানো কুণ্ডলি আৰ মোটৰেৰ আৰ্মেচাৰ পৰস্পৰেৰে সহিত কিৰূপে সংযুক্ত থাকে, তাহা ১০৬নং চিত্ৰে দেখানো হইল।



চাৰি পোল-গুৱালা সাণ্ট মোটৰেৰ ফীল্ড কয়েল আৰ আৰ্মেচাৰেৰ সংযোগ
১০৬নং চিত্ৰ

এইবাৰ মনে কব, V = সমববাহ লাইনেৰ ভোল্টেজ,

E_b = আৰ্মেচাৰে আবিষ্ট বিপবীতমুখী তড়িচ্চালক বল,

I_a = আৰ্মেচাৰ-কাৰেন্ট,

I_f = সাণ্ট ফীল্ড-কাৰেন্ট,

I_l = লাইন-কাৰেন্ট,

R_a = আৰ্মেচাৰেৰ বোধ, এব°

R_h = সাণ্ট ফীল্ডেৰ বোধ।

অতএব (১০) $I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$ অ্যাম্পিয়াৰ,

(২০) $I_a = I_l - I_{sh}$ অ্যাম্পিয়াৰ,

(৩০) $E_b = V - I_a R_a$ - ব্রাশে তড়িৎ-চাপেৰ পতন

$= \phi Z \frac{N}{60} \frac{P}{A}$ ভোল্ট,

(১০) আৰ্মেচাৰে উৎপন্ন মোট ক্ষমতাৰ পৰিমাণ (Total power developed in the armature or Gross output of the motor)

$= E_b I_a$ ওয়াট $= \frac{E_b I_a}{1000}$ কিলোওয়াট

$= \frac{E_b I_a}{980}$ অশ্ব-শক্তি,

(১১০) আৰ্মেচাৰ পুলিতে অৰ্থাৎ লোডে যে ক্ষমতা সরবরাহ করে তাহার পৰিমাণ, অৰ্থাৎ মোটৰেৰ কাৰ্যকৰ আউটপুট বা উৎপাদিত শক্তি (Net or Useful or Actual output of the motor)

$$\begin{aligned}
 &= E_b I_a - (\text{লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয়}) \text{ ওয়াট} \\
 &= \frac{E_b I_a - (\text{লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয়})}{1000} \text{ কিলোওয়াট} \\
 &= \frac{E_b I_a - (\text{লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয়})}{986} \text{ অশ্ব-শক্তি বা} \\
 &\quad \text{ব্রেক হর্স-পাওয়ার (B. H. P.),}
 \end{aligned}$$

(১৮০) মোটরের আর্মেচারে উৎপন্ন মোট ঘূর্ণক (Total or Gross or Armature Torque developed by the motor)

$$\begin{aligned}
 T &= 0.159 \phi Z I_a \frac{P}{A} \text{ নিউটন-মিটার} \\
 &= 0.0132 \phi Z I_a \frac{P}{A} \text{ কিলোগ্রাম-মিটার} \\
 &= 0.118 \phi Z I_a \frac{P}{A} \text{ পাউণ্ড-ফুট,}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{আবার, } T &= 0.159 \left(\phi Z \frac{N}{60} \frac{P}{A} \right) I_a \times \frac{60}{N} \text{ নিউটন-মিটার} \\
 &= 0.159 E_b I_a \times \frac{60}{N} \text{ নিউটন-মিটার} \\
 &= 0.118 E_b I_a \times \frac{60}{N} \text{ পাউণ্ড-ফুট,}
 \end{aligned}$$

(১৮০) মোটরের কার্যকর ঘূর্ণক বা শ্যাফ্ট টর্ক (Net or Useful or Shaft or Output Torque of the motor)

$$\begin{aligned}
 T_{sh} &= 0.159 \times \text{মোটরের কার্যকর আউটপুট (ওয়াট)} \times \frac{60}{N} \text{ নিউটন-মিটার} \\
 &= 0.118 \times \text{মোটরের কার্যকর আউটপুট (ওয়াট)} \times \frac{60}{N} \text{ পাউণ্ড-ফুট,}
 \end{aligned}$$

(১৮০) মোটরের গৃহীত শক্তি বা ইনপুট (Input to the motor)

$$= VI_a \text{ ওয়াট,}$$

(১৮০) মোটরের কর্মক্ষমতা (Efficiency of the motor)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{মোটরের উৎপাদিত শক্তি}}{\text{মোটরের গৃহীত শক্তি}},
 \end{aligned}$$

আর মোটরের % কর্মক্ষমতা

$$= \frac{\text{মোটরের উৎপাদিত শক্তি}}{\text{মোটরের গৃহীত শক্তি}} \times 100.$$

মোটরের কর্মক্ষমতা নির্ণয় করিবার সময় উহার উৎপাদিত শক্তি আর গৃহীত শক্তির একক (unit) অন্তরূপ হইবে।

উদাহরণ ৬-৫। একটি ৫০০-ভোল্ট, ৯০-অবশক্তি কর্মক্ষমতা সম্পন্ন, ৬-পোলের সার্কিট মোটর প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক ঘোরে। এই মোটরের আর্মেচার ওরেন্ড ওয়াইন্ডিং যুক্ত এবং তাহার ঝাঁজে ৫০০টি পরিবাহী আছে। আর্মেচারের রোধ ০.১৫ ওম এবং সার্কিট কীন্ডের রোধ ৫০০ ওম। পূর্ণ লোড সহ চলিবার সময় মোটরের কর্মক্ষমতা যদি শতকরা ৯০ ভাগ হয়, তবে

(ক) কীন্ডের প্রতি পোলে উৎপন্ন বলরেখার সংখ্যা, আর

(খ) মোটরের কার্যকর ঘূর্ণক

কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে মোটরের আউটপুট = ৯০ অবশক্তি,

∴ মোটরের কার্যকর ক্ষমতা = ৯০ × ৭৪৬

= ৬৭১৪০ ওয়াট,

$V = ৫০০$ ভোল্ট,

$N =$ প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক,

$P = ৬$,

$A = ২$ (ওয়েভ ওয়াইন্ডিং বলিয়া),

$Z = ৫০০$,

$R_a = ০.১৫$ ওম,

$R_{sh} = ৫০০$ ওম,

এবং মোটরের কর্মক্ষমতা = ৯০%।

$$\begin{aligned} \text{মোটরের ইনপুট} &= \frac{\text{মোটরের আউটপুট} \times ১০০}{\text{মোটরের \% কর্মক্ষমতা}} \\ &= \frac{৬৭১৪০ \times ১০০}{৯০} \\ &= ৭৪৬০০ \text{ ওয়াট।} \end{aligned}$$

কিন্তু মোটরের ইনপুট = VI ওয়াট।

$$\begin{aligned} \therefore I_1 &= \frac{\text{মোটরের ইনপুট}}{V} = \frac{৭৪৬০০}{৫০০} \\ &= ১৪৯.২ \text{ অ্যাম্পিয়ার।} \end{aligned}$$

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{৫০০}{৫০০} = ১.০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\begin{aligned} \therefore I_a &= I_1 - I_{sh} = ১৪৯.২ - ১.০ \\ &= ১৪৮.২ \text{ অ্যাম্পিয়ার।} \end{aligned}$$

উদাহরণে কোন উল্লেখ না থাকায় রাশে যে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি হয়, তাহা অগ্রাহ্য করিতে হইবে।

$$\begin{aligned} \therefore E_b &= V - I_a R_a = ৫০০ - ১৪৮.২ \times ০.১৫ \\ &= ৪৭৭.৭৭ \text{ ভোল্ট।} \end{aligned}$$

$$(ক) E_b = \phi Z \frac{N}{60} \frac{P}{A} \text{ ভোল্ট,}$$

$$\therefore \phi = \frac{60 E_b A}{ZNP} = \frac{60 \times 899.99 \times 2}{500 \times 15000 \times 6}$$

$$= 0.0121 \text{ ওয়েবার/পোল।}$$

$$(খ) T_{sh} = 0.152 \times \text{মোটরের কার্ধকর আউটপুট (ওয়াট)} \times \frac{60}{N}$$

$$= 0.152 \times 69180 \times \frac{60}{1500}$$

$$= 681.2 \text{ নিউটন-মিটার।}$$

উদাহরণ ৬-৬। লোডশূন্য অবস্থায় একটি ডি. সি. সার্ক মোটর প্রতি মিনিটে ১২০০ পাক ঘোরে। লোড দেওয়ার পরে ঐ মোটরের গতিবেগ কমিয়া যদি প্রতি মিনিটে ১১৫০ পাক (r. p. m.) হয়, তবে উহার “স্পিড রেগুলেশন” (speed regulation) কত?

মোটরের স্পিড রেগুলেশন

$$= \frac{(\text{লোডশূন্য অবস্থায় গতিবেগ}) - (\text{লোড দেওয়ার পরের গতিবেগ})}{(\text{লোড দেওয়ার পরের গতিবেগ})}$$

$$= \frac{1200 - 1150}{1150} \text{।}$$

$$\therefore \% \text{ স্পিড রেগুলেশন} = \frac{1200 - 1150}{1150} \times 100$$

$$= \frac{100}{23} = 8.38\% \text{।}$$

উদাহরণ ৬-৭। একটি ২৩০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপের উপযোগী ডি. সি. সার্ক মোটর লোডশূন্য অবস্থায় সরবরাহ লাইন হইতে ৫.০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক ঘোরে। মেশিনের আর্মচারের রোধ ০.০২৫ ওম এবং সার্ক ফীল্ডের রোধ ২৩০ ওম। লোড দেওয়ার পরে এই মোটর যদি সরবরাহ লাইন হইতে ৪১ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইতে আরম্ভ করে, তবে উহার গতিবেগ কতটা কমিবে?

$$\text{এখানে } V = 230 \text{ ভোল্ট,}$$

$$R_a = 0.025 \text{ ওম, এবং}$$

$$R_{sh} = 230 \text{ ওম।}$$

সার্ক ফীল্ডের কারেন্ট

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{230}{230}$$

$$= 1.0 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

I_{sh} সাধারণতঃ লোডের সকল অবস্থাতেই সমান থাকে।

মোটর যখন লোডশূন্য অবস্থায় চলে,

তখন $I_{L0} = ৫$ অ্যাম্পিয়ার,

এবং $N_0 =$ প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক।

অতএব, $I_{a0} = I_{L0} - I_{sh}$
 $= ৫.০ - ১.০$

$= ৪.০$ অ্যাম্পিয়ার।

আর্মেচারে আবিষ্ট বিপবীতমুখী তড়িৎ-চাপ

$$E_{b0} = V - I_{a0} R_a$$

$$= ২৩০ - ৪ \times ০.০২৫$$

$$= ২২২.২ \text{ ভোল্ট}।$$

মোটরে যখন লোড দেওয়া হয়,

তখন $I_L = ৪১.০$ অ্যাম্পিয়ার।

$$\therefore I_a = I_L - I_{sh} = ৪১.০ - ১.০$$

$$= ৪০ \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

আব $E_b = V - I_a R_a$

$$= ২৩০ - ৪০ \times ০.০২৫$$

$$= ২২২.০ \text{ ভোল্ট}।$$

এখন, মোটরবেব গতিবেগ $N = K \frac{E_b}{\phi}$ । সান্ট মোটরের ক্ষেত্রে উদাহরণে আর্মেচারের

প্রতিক্রিয়ার কোন উল্লেখ না থাকিলে ϕ -কে অপরিবর্তিত সংখ্যা হিসাবে ধরা হয়।
 তখন মোটরবেব গতিবেগ কেবলমাত্র আর্মেচারে আবিষ্ট বিপবীতমুখী তড়িৎ-চাপেব
 সমানুপাতি থাকে।

$$\therefore N \propto E_b$$

এবং $N_0 \propto E_{b0}$

অতএব, $\frac{N}{N_0} = \frac{E_b}{E_{b0}}$

$$\therefore N = \frac{N_0 \times E_b}{E_{b0}}$$

$$= \frac{১০০০ \times ২২২.০}{২২২.২}$$

$$= ৯৯৬ \text{ পাক/মিনিটে,}$$

আর $N - N_0 = ১০০০ - ৯৯৬$
 $= ৪.০ \text{ পাক/মিনিটে}।$

সুতরাং, মোটরের গতিবেগ প্রতি মিনিটে ৪ পাক কমিবে।

উদাহরণ ৬-৮। ৩৩ ফুট উপরে একটি ট্যাংক—এতে প্রতি মিনিটে যদি ৩০০ গ্যালন জল উঠাইতে হয়, তাহা হইলে কত এইচ পি মোটর লাগিবে (মোটর একিসিয়েল্লি ৭৫ পারসেন্ট)। ৪৫০ জোন্ট ডি সি সাপ্লাই হইলে, ঐ মোটর কত কারেন্ট লইবে?

(Elec. Sup. ; July, 1970)

$$১ \text{ গ্যালন জলের ওজন} = ১০ \text{ পাউণ্ড,}$$

$$\therefore ৩০০ \text{ গ্যালন জলের ওজন} = ১০ \times ৩০০ = ৩০০০ \text{ পাউণ্ড।}$$

প্রতি মিনিটে ৩০০০ পাউণ্ড জল ৩৩ ফুট উপরে উঠাইতে হয়। স্বতরাং ইহার দ্বারা প্রতি মিনিটে যে কাজ করা হয়, তাহার পরিমাণ

$$= ৩৩ \times ৩০০০$$

$$= ৯৯০০০ \text{ ফুট-পাউণ্ড।}$$

এখন, ১ অশ্ব-শক্তি = প্রতি মিনিটে ৩৩০০০ ফুট-পাউণ্ড কাজের সমান।

$$\therefore ৯৯০০০ \text{ ফুট-পাউণ্ড} = \frac{৯৯০০০}{৩৩০০০} = ৩.০ \text{ অশ্ব-শক্তি।}$$

অতএব, ৩.০ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন মোটর এই কাজে ব্যবহার করিতে হইবে।

$$\text{মোটরের উৎপাদিত শক্তি বা আউটপুট} = ৩.০ \text{ অশ্ব-শক্তি}$$

$$= ৩ \times ৭৪৬$$

$$= ২২৩৮ \text{ ওয়াট।}$$

$$\text{মোটরের কর্মক্ষমতা} = ৭৫\%।$$

$$\therefore ৭৫ = \frac{২২৩৮ \times ১০০}{\text{মোটরের গ্রহীত শক্তি বা ইনপুট}}$$

$$\text{অতএব, মোটরের গ্রহীত শক্তি বা ইনপুট} = \frac{২২৩৮ \times ১০০}{৭৫}$$

$$= ২৯৮৪ \text{ ওয়াট।}$$

$$\text{আবার, মোটরের গ্রহীত শক্তি} = V \times I_1 \text{ ওয়াট।}$$

$$\therefore I_1 = \frac{\text{মোটরের গ্রহীত শক্তি}}{V}$$

$$= \frac{২৯৮৪}{৪৫০}$$

$$= ৬.৬৩ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

অতএব, মোটর ৬.৬৩ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইবে।

উদাহরণ ৬-২। একটি ২৫০-ভোল্ট ডিউং-চাপের উপযোগী সার্কিট মোটর পুরা লোড সহ চলিবার সময় সরবরাহ লাইন হইতে ২০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। সার্কিট ফীল্ডের রোধ ২০০ ওম এবং আর্মেচারের রোধ ০.৩ ওম। ঐ মোটরের

(ক) আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেন্ট, এবং

(খ) আর্মেচারে আবিষ্কৃত বিপরীতমুখী ডিউং-চাপ কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $V = ২৫০$ ভোল্ট,

$I_L = ২০$ অ্যাম্পিয়ার,

$R_{sh} = ২০০$ ওম,

এবং $R_a = ০.৩$ ওম।

$$(ক) I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{২৫০}{২০০}$$

$= ১.২৫$ অ্যাম্পিয়ার।

$$\therefore I_a = I_L - I_{sh} = ২০.০ - ১.২৫$$

$= ১৮.৭৫$ অ্যাম্পিয়ার।

$$(খ) E_b = V - I_a R_a = ২৫০ - ১৮.৭৫ \times ০.৩$$

$= ২৪৪.৩৭$ ভোল্ট।

উদাহরণ ৬-১০। একটি ২২০-ভোল্ট ডিউং-চাপের উপযোগী সার্কিট মোটর লোডশূন্য অবস্থায় সরবরাহ লাইন হইতে ৬ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ৭৫০ পাক ঘোরে। সার্কিট ফীল্ডের রোধ ১১০ ওম এবং আর্মেচারের রোধ ০.২৫ ওম। লোড দেওয়ার পরে ঐ মোটর যদি সরবরাহ লাইন হইতে ৫২ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইতে থাকে, তবে উহার গতিবেগ কত হইবে তাহা নির্ণয় কর। আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখা শতকরা ৪ ভাগ কম করে।

এখানে $V = ২২০$ ভোল্ট,

$R_{sh} = ১১০$ ওম,

এবং $R_a = ০.২৫$ ওম।

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{২২০}{১১০} = ২.০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

এই উদাহরণে V এবং R_{sh} অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া লোডের সকল অবস্থাতেই $I_{sh} = ২.০$ অ্যাম্পিয়ার হয়।

মোটর যখন লোডশূন্য অবস্থায় চলে,

তখন গতিবেগ $N_s =$ প্রতি মিনিটে ৭৫০ পাক,

লাইন-কারেন্ট $I_{L0} = ৬.০$ অ্যাম্পিয়ার।

$$\text{অতএব, আর্মেচার-কারেন্ট } I_{a0} = I_{L0} - I_{sh} = ৬.০ - ২.০$$

$= ৪.০$ অ্যাম্পিয়ার,

$$\text{এবং } E_{b0} = V - I_{a0} R_a = ২২০ - ৪.০ \times ০.২৫$$

$= ২১৯$ ভোল্ট।

$$\text{আবার } E_{bo} = \phi_o Z \frac{N_o P}{A} \text{ ভোল্ট।}$$

কিন্তু Z , P এবং A —এই তিনটি সংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় না।

$$\therefore E_{bo} = K \phi_o N_o \text{ ভোল্ট।}$$

$$\text{এখানে } K = \frac{ZP}{A}, \text{ এবং ইহা একটি অপরিবর্তিত সংখ্যা}$$

মোটরে যখন লোড দেওয়া হয়,

$$\text{তখন লাইন-কারেন্ট } I_l = ৫২.০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\text{অতএব, আর্থেচার-কারেন্ট } I_a = I_l - I_{sh} = ৫২.০ - ২.০$$

$$= ৫০.০ \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$\text{এবং } E_b = V - I_a R_a = ২২০.০ - ৫০.০ \times ০.২৫$$

$$= ২০৭.৫ \text{ ভোল্ট।}$$

আর্থেচারের প্রতিক্রিয়া চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখা শতকরা ৪ ভাগ কম করে বলিয়া লোডশূন্য অবস্থায় মোটরের প্রতি পোলে বলরেখার সংখ্যা যত থাকে, লোড দেওয়ার পরে সেই সংখ্যা কমিয়া শতকরা ৯৬ ভাগে দাঁড়ায়; অর্থাৎ

$$\phi = \frac{৯৬}{১০০} \phi_o = ০.৯৬ \phi_o।$$

$$\therefore E_b = K \phi N = KN \times ০.৯৬ \phi \text{ ভোল্ট।}$$

$$\text{অতএব, } \frac{E_b}{E_{bo}} = \frac{KN \times ০.৯৬ \phi_o}{KN_o \phi_o} = \frac{০.৯৬ N}{N_o},$$

$$\text{এবং } N = \frac{E_b \times N_o}{E_{bo} \times ০.৯৬} = \frac{২০৭.৫ \times ৭৫০}{২১২ \times ০.৯৬}$$

$$= ৭৪০ \text{ পাক/মিনিটে।}$$

উদাহরণ ৬.১১। কোন এক ডি. সি. মোটর যখন প্রতি মিনিটে ৯৫০ পাক ঘোরে, তখন উহার শাক্ট টর্ক ৮৫০ পাউণ্ড-ফুট হয়। ঐ মোটর লোডকে কত অশ্ব-শক্তি সরবরাহ করে?

$$\text{অশ্ব-শক্তি} = \frac{২\pi T_{sh} N}{৩৩০০০} = \frac{২ \times ৩.১৪ \times ৮৫০ \times ৯৫০}{৩৩০০০}$$

$$= ১৫৩.৮।$$

সুতরাং, মোটর লোডকে ১৫৩.৮ অশ্ব-শক্তি সরবরাহ করে।

উদাহরণ ৬.১২। একটি মোটরের শাক্টে যখন ১০ অশ্ব-শক্তি কমতা পাওয়া যায়, তখন উহার কার্যকর ঘূর্ণক ৮২ পাউণ্ড-ফুট হয়। ঐ মোটরের গতিবেগ কত?

$$\text{এখানে অশ্ব-শক্তি} = ১০,$$

$$\text{এবং } T_{sh} = ৮২ \text{ পাউণ্ড-ফুট।}$$

$$\text{অশ্ব-শক্তি} = \frac{২\pi T_{sh} N}{৩৩০০০},$$

$$\begin{aligned}\text{অতএব, } N &= \frac{\text{অশ্ব-শক্তি} \times ৩৩০০০}{২\pi T_{sh}} \\ &= \frac{১০ \times ৩৩০০০}{২ \times ৩.১৪ \times ৮২} \\ &= \underline{৬৪০ \text{ পাক (প্রতি মিনিটে)}}।\end{aligned}$$

উদাহরণ ৬-১৩। একটি ডি.সি. মোটর ১০০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ১৭৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। ঐ মোটরের উৎপাদিত শক্তি যদি ২২.৫ ব্রেক্‌ হর্স পাওয়ার হয়, তবে উহার কর্মক্ষমতা কত ?

$$\begin{aligned}\text{এখানে } V &= ১০০ \text{ ভোল্ট,} \\ I_L &= ১৭৫ \text{ অ্যাম্পিয়ার,} \\ \text{এবং আউটপুট} &= ২২.৫ \text{ অশ্ব-শক্তি।} \\ \text{মোটরের আউটপুট} &= ২২.৫ \text{ অশ্ব-শক্তি} \\ &= ২২.৫ \times ৭৪৬ = ১৬৭৮৫ \text{ ওয়াট।} \\ \text{মোটরের ইনপুট} &= V \times I_L = ১০০ \times ১৭৫ \\ &= ১৭৫০০ \text{ ওয়াট।} \\ \therefore \text{কর্মক্ষমতা} &= \frac{১৬৭৮৫}{১৭৫০০} \times ১০০ \\ &= \underline{৯৫.৯\%}।\end{aligned}$$

উদাহরণ ৬-১৪। একটি ১০ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন ডি. সি. সার্ক মোটর ৫০০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ১৮ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ৬০০ পাক ঘোরে। এই মোটরের কর্মক্ষমতা এবং কার্যকর ঘূর্ণক (পাউণ্ড-ফুট) কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

$$\begin{aligned}\text{এখানে মোটরের উৎপাদিত শক্তি} &= ১০ \text{ অশ্ব-শক্তি,} \\ V &= ৫০০ \text{ ভোল্ট,} \\ I_L &= ১৮ \text{ অ্যাম্পিয়ার,} \\ \text{এবং } N &= \text{প্রতি মিনিটে } ৬০০ \text{ পাক।} \\ \text{মোটরের গৃহীত শক্তি} &= V \times I_L = ৫০০ \times ১৮ \\ &= ৯০০০ \text{ ওয়াট।} \\ \text{মোটরের উৎপাদিত শক্তি} &= ১০ \text{ অশ্ব-শক্তি} \\ &= ১০ \times ৭৪৬ = ৭৪৬০ \text{ ওয়াট।} \\ \therefore \text{মোটরের কর্মক্ষমতা} &= \frac{৭৪৬০}{৯০০০} \times ১০০ \\ &= \underline{৮২.৮৭\%}।\end{aligned}$$

$$\text{অধ-শক্তি} = \frac{2\pi T_{sh} N}{30000},$$

$$\text{অতএব, } T_{sh} = \frac{\text{অধ-শক্তি} \times 30000}{2\pi N}$$

$$= \frac{10 \times 30000}{2 \times 318 \times 600}$$

$$= ৮৮'০২ \text{ পাউণ্ড-ফুট।}$$

উদাহরণ ৬১৫। একটি ডি সি সার্ক মোটর ২২০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ৮০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ৮০০ পাক ঘোরে। সার্ক কীল্ডের রোধ ৫০ ওম এবং আর্মেচারের রোধ ০'১ ওম। যদি মোটরের লোহার অংশের অপচয় ও বর্ধনের অপচয় একত্রে ১৬০০ ওয়াট হয়, তবে মোটরের (ক) ব্রেক হর্স পাওয়ার; (খ) শাক্ট টর্ক, এবং (গ) কর্মক্ষমতা কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

$$\text{এখানে } V = ২২০ \text{ ভোল্ট,}$$

$$I_l = ৮০ \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$N = \text{প্রতি মিনিটে } ৮০০ \text{ পাক,}$$

$$R_{sh} = ৫০ \text{ ওম,}$$

$$\text{এবং } R_a = ০'১ \text{ ওম।}$$

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{২২০}{৫০}$$

$$= ৪'৪ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\therefore I_a = I_l - I_{sh} = ৮০ - ৪'৪$$

$$= ৭৫'৬ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$E_b = V - I_a R_a = ২২০ - ৭৫'৬ \times ০'১$$

$$= ২১২'৪৪ \text{ ভোল্ট।}$$

(ক) আর্থেচারে উৎপন্ন মোট ক্ষমতার পরিমাণ

$$= E_b I_a = ২১২'৪৪ \times ৭৫'৬$$

$$= ১৬০৫০ \text{ ওয়াট।}$$

মোটরের কার্যকর আউটপুট

$$= E_b I_a - (\text{লোহার অংশের অপচয় ও বর্ধনের অপচয়})$$

$$= ১৬০৫০ - ১৬০০ = ১৪৪৫০ \text{ ওয়াট।}$$

$$\therefore \text{মোটরের ব্রেক হর্স পাওয়ার} = \frac{১৪৪৫০}{৭৪৬} = \underline{\underline{১৯'৩৭ \text{ অধ-শক্তি।}}}$$

$$\begin{aligned} \text{(খ) শাফট টর্ক } T_{sh} &= \frac{\text{ব্রেক হর্স পাওয়ার} \times 70000}{2\pi N} \\ &= \frac{12.79 \times 70000}{2 \times 3.14 \times 800} \\ &= 129.7 \text{ পাউণ্ড-ফুট।} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(গ) মোটরের ইনপুট} &= VI = 220 \times 80 \\ &= 17600 \text{ ওয়াট।} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{মোটরের কর্মক্ষমতা} &= \frac{\text{মোটরের কার্যকর আউটপুট}}{\text{মোটরের ইনপুট}} \times 100 \\ &= \frac{18850}{17600} \times 100 \\ &= 107.1\% \end{aligned}$$

উদাহরণ ৬-১৬। একটি ৪-পোল বিশিষ্ট এবং ১৫ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন সার্কট মোটর ২৪০-ভোল্ট সরবরাহ লাইনে যুক্ত আছে। যখন ঐ মোটরের আর্মেচার দিয়া ৫০ অ্যাম্পিয়ার এবং ফীল্ড দিয়া ১০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তখন উহা প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক ঘোরে। আর্মেচার ওয়েভ ওয়াইন্ডিং যুক্ত এবং উহার খাঁজে ৫৪০টি পরিবাহী আছে। যদি আর্মেচারের রেধ ০.১ ওম হয় এবং প্রতি ত্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন ১ ভোল্ট হিসাবে ধরা যায়, তবে মোটরের (ক) কার্যকর ঘূর্ণক, (খ) আর্মেচারে উৎপন্ন মোট ঘূর্ণকের পরিমাণ, (গ) প্রতি ঘূর্ণকে উৎপন্ন বলেরেখার সংখ্যা, (ঘ) লোহার অংশের অপচয় ও অর্থণের অপচয়, এবং (ঙ) কর্মক্ষমতা কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

$$\begin{aligned} \text{এখানে } V &= 240 \text{ ভোল্ট,} \\ P &= 8, \\ A &= 2 \text{ (ওয়েভ ওয়াইন্ডিং বলিয়া),} \\ I_a &= 50 \text{ অ্যাম্পিয়ার,} \\ I_{sh} &= 10 \text{ অ্যাম্পিয়ার,} \\ N &= \text{প্রতি মিনিটে } 1000 \text{ পাক,} \\ Z &= 540, \\ R_a &= 0.1 \text{ ওম,} \end{aligned}$$

$$\text{আউটপুট} = 15 \text{ অশ্ব-শক্তি, '}$$

$$\text{এবং ত্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন} = 1 \times 2 = 2 \text{ ভোল্ট।}$$

$$\begin{aligned} E_b &= V - I_a R_a - \text{ত্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন} \\ &= 240 - 50 \times 0.1 - 2 = 233 \text{ ভোল্ট।} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ক) মোটরের কার্যকর ঘূর্ণক } T_{sh} &= \frac{15 \times 70000}{2 \times 3.14 \times 1000} \\ &= 98.8 \text{ পাউণ্ড-ফুট।} \end{aligned}$$

(খ) আর্মেচারে উৎপন্ন মোট ঘূর্ণক

$$T = 0.117 \times E_b I_a \times \frac{60}{N}$$

$$= 0.117 \times 230 \times 40 \times \frac{60}{1000} = 1.2 \text{ পাউণ্ড-ফুট}$$

(গ) $E_b = \phi Z \frac{N}{60} \frac{P}{A}$ ভোল্ট।

$$\therefore \phi = \frac{60 E_b A}{ZNP}$$

$$= \frac{60 \times 230 \times 2}{480 \times 1000 \times 8} = 0.013 \text{ ওয়েবার/পোল।}$$

(ঘ) আর্মেচারে উৎপন্ন মোট ক্ষমতার পরিমাণ

$$= E_b I_a = 230 \times 40 = 11600 \text{ ওয়াট।}$$

মোটরের কার্যকর আউটপুট

$$= 1.8 \text{ অংশ-শক্তি}$$

$$= 1.8 \times 11600 = 11120 \text{ ওয়াট।}$$

\therefore লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয়

$$= 11600 - 11120 = 480 \text{ ওয়াট।}$$

(ঙ) $I_L = I_a + I_{sh} = 40 + 10 = 50$ অ্যাম্পিয়ার।

মোটরের ইনপুট $= V \times I_L = 280 \times 50 = 14000$ ওয়াট।

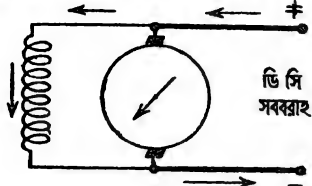
$$\therefore \text{মোটরের কর্মক্ষমতা} = \frac{11120}{14000} \times 100 = 79.4\%$$

(১) সাল্ট মোটরের আবর্তনের দিক-পরিবর্তন (Change of Direction of Rotation of a D. C. Shunt Motor)

ফ্রেমিং-এর বাম-হস্ত নিয়ম অনুসারে বাঁ হাতের বুড়া আঙ্গুল, তর্জনী আর মাঝের আঙ্গুল পরস্পরের সমকোণে (১০১নং চিত্রের ন্যায়) বাঁকাইয়া ধর। যদি তর্জনীর (অর্থাৎ চুম্বক বলরেখার) অভিমুখ ঠিক রাখিয়া মাঝের আঙ্গুলের (অর্থাৎ তড়িৎ প্রবাহের) অভিমুখ বিপরীত করা যায়, তবে দেখা যাইবে যে তাহাতে বুড়া আঙ্গুলের অভিমুখ উল্টা হইয়া গিয়াছে। ফ্রেমিং-এর নিয়মে বুড়া আঙ্গুলের অভিমুখ মেনিনের আবর্তনের অভিমুখ নির্দেশ করে। অতএব বুঝা যাইতেছে যে, ফীল্ড-পোলের মেরুত্ব ঠিক রাখিয়া আর্মেচার দিয়া কারেন্ট বিপরীত দিকে পাঠাইলে মোটর উল্টা দিকে ঘোরে। কিন্তু যদি তর্জনী আর মাঝের আঙ্গুল—এই দুইয়েরই অভিমুখ উল্টা করিয়া দেওয়া যায়, তবে বুড়া আঙ্গুলের (অর্থাৎ আবর্তনের) অভিমুখ অপরিবর্তিত থাকে।

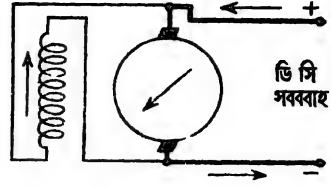
এই মূল নীতির বশে কোন মোটরকে উল্টা দিকে ঘুরাইতে হইলে হয় উহার আর্মেচারের সংযোগ উল্টা করিতে হয়, আর না হয় ফীল্ডের সংযোগ উল্টা করিয়া দিতে হয়। কিন্তু যদি ফীল্ড আর আর্মেচার উভয়েরই সংযোগ উল্টা করিয়া দেওয়া যায়, তবে মোটর আগের মতই ঘুরিতে থাকে। সাল্ট মোটর উল্টা দিকে ঘুরাইতে হইলে

উহার ফীল্ড এবং আর্মেচারের সংযোগ কি কি উপায়ে বদল করিতে হয়, তাহা ১০৭নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই চিত্র ভালভাবে লক্ষ্য করিলে উপরে বাহা বলা হইয়াছে, তাহা খুব সহজেই বুঝিতে পারিবে।



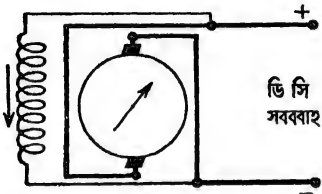
(ক)

মনে কর, মোটরের আর্মেচার বামাবর্তে ঘুরিতেছে। ফীল্ড এবং আর্মেচার উভয়ের মধ্য দিয়া কারেন্ট একই দিকে, অর্থাৎ উপর হইতে নীচের দিকে, প্রবাহিত হইতেছে।



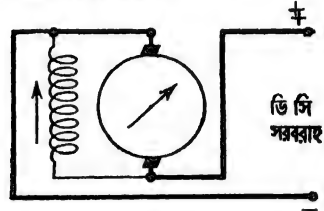
(খ)

এই চিত্রে কেবলমাত্র ফীল্ডের সংযোগ উল্টা করিয়া দেখানো হইয়াছে, আর্মেচার দ্বিগুণ কারেন্ট আগের মতই উপর হইতে নীচের দিকে প্রবাহিত হইতেছে। ইহাতে মোটর দক্ষিণাবর্তে, অর্থাৎ (ক) চিত্রের বিপরীত দিকে, ঘুরিবে।



(গ)

এই চিত্রে কেবলমাত্র আর্মেচারের সংযোগ উল্টা করিয়া দেখানো হইয়াছে, ফীল্ডের সংযোগ (ক) চিত্রের অনুরূপই আছে। এইরূপ সংযোগের ফলেও আর্মেচার দক্ষিণাবর্তে, অর্থাৎ (ক) চিত্রের বিপরীত দিকে, ঘুরিবে।



(ঘ)

এই চিত্রে ফীল্ড আর আর্মেচার উভয়েরই সংযোগ উল্টা করিয়া দেখানো হইয়াছে। ইহাতে আর্মেচার (ক) চিত্রের অনুরূপ দিবেই, অর্থাৎ বামাবর্তেই, ঘুরিতে থাকিবে।

সান্ট মোটরের আবর্তনের দিক-পরিবর্তন

১০৭নং চিত্র

(২) সান্ট মোটরের বিভিন্ন প্রকারের বিশিষ্টতা ও ব্যবহার (Different Characteristics and Uses of Shunt Motors)

যে তিনটি মূল সূত্র হইতে মোটরের প্রকৃতিগত বিশিষ্টতা জানিতে পারা যায়, তাহাদের সম্বন্ধে ইতিপূর্বেই বলা হইয়াছে। এই তিনটি বিষয় হইল :—

(ক) আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল,

(খ) আর্মেচার দ্বিগুণ প্রবাহিত কারেন্ট, আর

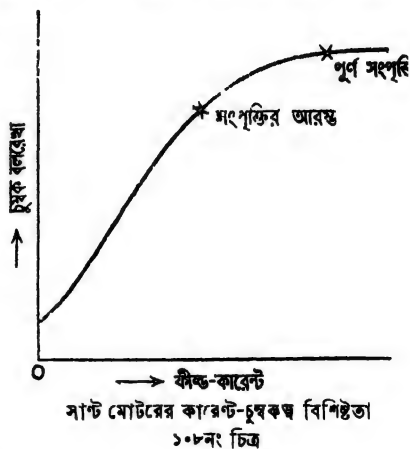
(গ) আর্মেচারে উৎপন্ন ঘূর্ণক।

প্রকৃতিগত বিশিষ্টতা বলিতে বুঝায়, ভিন্ন ভিন্ন লোডসহ চলিতে গেলে (অর্থাৎ মোটরের আর্মেচার দিয়া ভিন্ন ভিন্ন কারেন্ট প্রবাহিত হইতে থাকিলে) কোন্ মোটরের উত্তেজন কিভাবে বদলায়, কোন্ মোটর কত জোরে ঘোরে, আর্মেচারে কত ঘূর্ণক উৎপন্ন হয়, আর্মেচার কত জোরে ঘুরিলে ঘূর্ণক কিভাবে বাড়ে-কমে—এই সমস্ত । বিশিষ্টতা খুব স্পষ্ট করিয়া দেখানো যায়, যদি তাহাদের রেখাচিত্রের আকারে প্রকাশ করা হয় ।

(১) শাণ্ট মোটরের ‘কারেন্ট-চুম্বকত্ব’ বিশিষ্টতা (Flux-Current Characteristic of a Shunt Motor) :—

কোন মোটরের ফীল্ড-কয়েল দিয়া ক্রম-বর্ধিত কারেন্ট পাঠাইতে থাকিলে উহার ফীল্ড যেভাবে গড়িয়া ওঠে, মোটরের কারেন্ট-চুম্বকত্ব বিশিষ্টতা বলিতে তাহাই বুঝায় । এই বিশিষ্টতা-রেখা জেনারেটরের সংপৃক্ত রেখার অন্তরূপ । ফীল্ড-কারেন্ট যেমন বৃদ্ধি পাইতে থাকে, মোটরের চুম্বকত্বও প্রথমে সেই অন্তরূপে বৃদ্ধি পাইয়া সংপৃক্ত বিন্দু বা স্যাচুরেশন পয়েন্ট পর্যন্ত আসে । পরে কারেন্ট বৃদ্ধি পাইলে চুম্বক বলরেখাও বৃদ্ধি পায় বটে, কিন্তু ঠিক কারেন্টের অন্তরূপে বৃদ্ধি পায় না । অবশেষে পোল-কোরের লোহা যখন সম্পূর্ণ সংপৃক্ত হয়, তখন ফীল্ড-কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহের পরিমাণ যতই বাড়ানো হউক না কেন, চুম্বক-বেগা আর বাড়ে না । ১০৮নং চিত্রে তড়িৎ-প্রবাহের সঙ্গে ফীল্ডের চুম্বক বলরেখা কিভাবে বৃদ্ধি পায়, তাহা দেখানো হইয়াছে । এই চিত্র হইতে দেখা যাইবে যে, বিশিষ্টতা-রেখা একেবারে শূন্যমান হইতে আরম্ভ হয় না, কিছুটা উপরে শুরু হয় । ইহার কারণ, ফীল্ড-কয়েলে যখন তড়িৎ-প্রবাহ একেবারেই থাকে না, তখনও ফীল্ড-পোল দিয়া সামান্য কিছু বলরেখা বাহির হইতে থাকে । ইংরাজিতে ইহাকে “রেসিডুয়্যাল ফীল্ড” (Residual Field) আর বাংলায় “চুম্বকক্ষেত্রের অবশেষ” বলা হয় । ফীল্ড-কয়েল দিয়া কারেন্ট পাঠানোর পরে যতদূর পর্যন্ত রেখাচিত্র সোজা ওঠে, ততদূর পর্যন্ত চুম্বক-রেখা কারেন্টের সমান্তরাল থাকে । যেখানে সংপৃক্ত আরম্ভ হয়, সেখান হইতে রেখাচিত্র ডানদিকে বাকিতে আরম্ভ করে, এবং চুম্বক পূর্ণ সংপৃক্ত হওয়ার পরে রেখাচিত্র বাকিয়া একেবারে অস্বাভাবিক অবস্থায় চলিয়া আসে । তখন ফীল্ড-কারেন্ট যতই বাড়ানো হউক না কেন, চুম্বক বলরেখা আর বিশেষ বৃদ্ধি পায় না ।

কারেন্ট-চুম্বকত্ব বিশিষ্টতা সকল শ্রেণীর মোটরেরই একরকম হয় ।

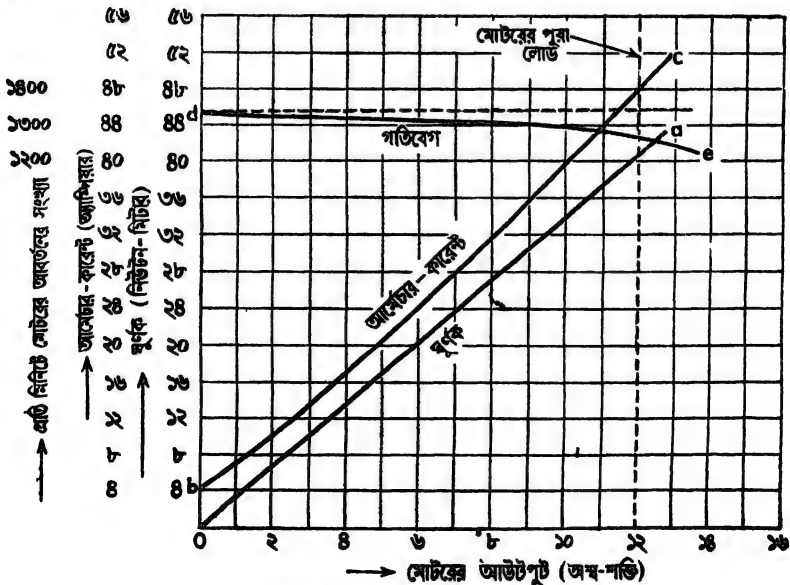


(২) 'লোডের সহিত শাণ্ট মোটরে উৎপন্ন ঘূর্ণকের সম্বন্ধ (Torque-Load Characteristic of a Shunt Motor) :—

• ডি. সি. মোটরে উৎপন্ন ঘূর্ণক $T = K\phi I_a$ নিউটন-মিটার। এই সূত্র অনুসারে K সংখ্যাটি সর্বদা অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া কেবলমাত্র চুম্বক বলরেখা (ϕ) আর আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেন্ট (I_a) প্রয়োজনমত বাড়ানো বা কমানো চলে। ফীল্ড-কয়েলে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ কম-বেশী করিলেই চুম্বক বলরেখার সংখ্যা পরিবর্তিত হয়, আর লোড যখন কম বা বেশী হইতে থাকে, তখনই আর্মেচার-কারেন্টে পরিবর্তন দেখা দেয়। আর্মেচার দিয়া যত বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হয়, মোটর তত বেশী ঘূর্ণক উৎপন্ন করে, অর্থাৎ মোটর তত বেশী টান দেয়, আর ফীল্ড যত বেশী জোরাল হয়, ঘূর্ণকের পরিমাণও তত বৃদ্ধি পায়।

লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে যদি মোটরের আর্মেচারে উৎপন্ন ঘূর্ণকের জোর না বাড়ে, তবে লোডসহ মোটর যে চলিতে পারে না তাহা সহজেই বুঝা যায়। শাণ্ট মোটরের ক্ষেত্রে লোডের সঙ্গে এই ঘূর্ণক কিভাবে বৃদ্ধি পায়, তাহাই এখন আলোচনা করা হইতেছে।

মোটরের শাফ্টে লোড দিলেই সঙ্গে সঙ্গে আর্মেচারের গতিবেগ সামান্য কিছুটা কমিয়া যায়। শাণ্ট মোটরের ফীল্ড-কারেন্ট আর সেই সঙ্গে চুম্বক বলরেখার সংখ্যা মোটামুটি অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া গতিবেগ যতটা কমে, আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীত-মুখী তড়িৎ-চাপও ততটাই হ্রাস পায়। ফলে আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের



শাণ্ট মোটরের বিভিন্ন বিশিষ্টতা-রেখা

১৯২৭ চিত্র

পরিমাণ বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে, এবং যতক্ষণ পর্যন্ত লোডসহ চলিবার মত উপযুক্ত ঘূর্ণক মোটরে উৎপন্ন না হয়, ততক্ষণ পর্যন্ত আর্মেচার-কারেন্ট ক্রমাগতই বৃদ্ধি পাইতে থাকে। এই কারণে শাট মোটর সর্বদাই “স্থায়ী সাম্যাবস্থায়” (stable equilibrium) চলে, এইরূপ বলা হয়; কারণ লোড কম-বেশী হইলে আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ এমনভাবে পরিবর্তিত হয় যে, মোটর তখন আপনা হইতেই উপযুক্ত ঘূর্ণক উৎপন্ন করিয়া সেই লোডসহ স্বাধীনভাবে চলিতে পারে।

অতএব দেখা যাইতেছে যে, শাট মোটরে যে ঘূর্ণক উৎপন্ন হয়, তাহা লোড অথবা আর্মেচার-কারেন্টের সমানুপাতী। লোড বাড়িলে আর্মেচার-কারেন্ট বাড়ে, আর সেই সঙ্গে ঘূর্ণকও বৃদ্ধি পাইয়া বেশী লোডসহ মোটরটিকে চলিতে সহায়তা করে। আবার লোড যখন কমে, তখন আর্মেচার-কারেন্ট আর ঘূর্ণক উভয়েই হ্রাস পায়, আর লোডের পরিমাণ কম হওয়াতে মোটর অপেক্ষাকৃত কম ঘূর্ণকের সাহায্যেই লোডসহ চলিতে পারে। ১০৯নং চিত্রে মোটরের এই বিশিষ্টতা oa -রেখাটির সাহায্যে দেখানো হইয়াছে (লেখচিত্রের ভূজ-রেখাতে মোটরের ভিন্ন ভিন্ন আউটপুট বা অংশ-শক্তি আর কোটি-রেখাতে সেই আউটপুট অল্পাধিক ঘূর্ণকের ভিন্ন ভিন্ন মান বসাইয়া এই রেখাচিত্র আঁকা হইয়াছে)। oa একটি সরলরেখা। ইহা শূন্যমান হইতে ক্রমশঃ উপরের দিকে উঠিয়াছে, এবং ঘূর্ণক যে লোডের সমানুপাতী এই রেখাচিত্র তাহাই নির্দেশ করিতেছে।

(৩) শাট মোটরের আর্মেচার-কারেন্ট আর লোডের মধ্যে সম্বন্ধ (Armature Current-Load Characteristic of a Shunt Motor) :—

পুরা লোড বহন করিবার সময় একটি শাট মোটরের সরবরাহ লাইন হইতে যে পরিমাণ কারেন্ট লওয়ার প্রয়োজন হয়, লোডশূন্য অবস্থায় প্রয়োজন হয় তাহার শতকরা পাঁচ হইতে দশ ভাগ কারেন্ট। মোটরে যত বেশী লোড দেওয়া যায়, উহার আর্মেচার দিয়া ততই বেশী পরিমাণে তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে। এই কারণে কোন লেখচিত্রের ভূজ বরাবর মোটরের ভিন্ন ভিন্ন লোড (অংশ-শক্তি) আর কোটি বরাবর সেই সকল লোড অল্পাধিক আর্মেচার-কারেন্ট বসাইয়া যদি একটি রেখা টানা যায়, তবে তাহা একটি সরলরেখা হয়। লোডশূন্য অবস্থায় আর্মেচার দিয়া যে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হয়, সেই বিন্দু হইতে শুরু হইয়া এই রেখা ক্রমশঃ উপরের দিকে উঠিতে থাকে, এবং আর্মেচার-কারেন্ট যে লোডের সহিত একই হারে বৃদ্ধি পায়, তাহাই নির্দেশ করে। ১০৯নং চিত্রে bc -রেখাটির সাহায্যে মোটরের এই বিশিষ্টতাই দেখানো হইয়াছে।

শাট মোটরের আর্মেচার-কারেন্ট $I_a = \frac{V - E_b}{R_a}$ অ্যাম্পিয়ার। লোড দেওয়ার

পরেই আর্মেচারের গতিবেগ সামান্য কিছুটা কমিয়া যায়, এবং আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ (E_b) গতিবেগের সমানুপাতী হওয়ায় সেই চাপও তখন কিছুটা হ্রাস পায়। কিন্তু সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজ (V) অপরিবর্তিত থাকে, কারণ লোডের সহিত এই ভোল্টেজের কোন সম্বন্ধ নাই; ফলে উপরের হ্রদে অনুসারে

I_a বৃদ্ধি পায়। আর্মেচারের রোধ (R_a) অতিশয় অল্প বলিয়া গতিবেগ সামান্য কমিলেই I_a লোডের সহিত সমান হারে বৃদ্ধি পাইতে থাকে।

(৪) শাট মোটরের গতিবেগ আর লোডের মধ্যে সম্বন্ধ (Speed-Load Characteristic of a Shunt Motor) :—

শাট মোটরের ফীল্ড দিয়া যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের সহিত তাহার কোন সম্বন্ধ নাই। শাট ফীল্ডের রোধ এত বেশী হয় যে, উহার দুই প্রান্ত সরবরাহ লাইনের সহিত সরাসরি জুড়িয়া দেওয়া যায়; ইহাতে ফীল্ড-কয়েলের কোন ক্ষতি হয় না। যখনই শাট মোটরকে লাইনের সহিত সংযুক্ত করা হয়, তখনই মোটরের ফীল্ড দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে। ফীল্ডের এই তড়িৎ-প্রবাহ

$$I_{fh} = \frac{\text{লাইনের ভোল্টেজ (V)}}{\text{শাট ফীল্ডের রোধ (R_{fh})}}$$

এখন, লোডের সহিত কোন সম্বন্ধ থাকে না বলিয়া সচরাচর লাইনের ভোল্টেজ কম-বেশী হয় না। তাই শাট ফীল্ডের রোধ যতক্ষণ পরিবর্তন করা না হয়, ততক্ষণ মোটরের ফীল্ড-কারেন্ট অপরিবর্তিত থাকে। আর যেহেতু এই কারেন্টই চুম্বকগুলিকে উত্তেজিত করে, অতএব চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখা (ϕ)-ও লোডের সকল অবস্থাতেই সমান থাকে বলিয়া ধরিয়া লওয়া যায়।

মোটর চলিতে আরম্ভ করার পরে আর্মেচারে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। এই চাপ

$$E_b = \phi Z \frac{N}{60} \frac{P}{A} \text{ ভোল্ট।}$$

স্বতরাং মোটরের গতিবেগ (প্রতি মিনিটে পাকের সংখ্যা)

$$N = \frac{60 E_b A}{\phi Z P}$$

কিন্তু আর্মেচারের পরিবাহীর সংখ্যা (Z), মোটরের পোলের সংখ্যা (P) আর আর্মেচার-ওয়েইণ্ডিংয়ের প্যার্যালেল-রাস্তার সংখ্যা (A) সর্বদা অপরিবর্তিত থাকে। তাই মোটরের গতিবেগ

$$N = K' \frac{E_b}{\phi}$$

হিসাবেও লেখা চলে। এখানে $K' = \frac{60 A}{Z P}$ । আবার, যদি আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেন্ট এবং আর্মেচারের রোধ যথাক্রমে I_a -অ্যাম্পিয়ার এবং R_a -ওহম হয় (মনে কর, আশে তড়িৎ-চাপের পতন নগণ্য), তবে

$$E_b = V - I_a R_a \text{ ভোল্ট}$$

হইবে। স্বতরাং

$$N = K' \frac{(V - I_a R_a)}{\phi}$$

এই স্ক্রের মধ্যে K' , V , R_a এবং ϕ স্থির-রাশি (constant), ইহাদের কোন পরিবর্তন হয় না, কেবল I_a লোডের পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে পরিবর্তিত হইতে থাকে। মোটরের লোড বৃদ্ধি পাইলে I_a উল্লেখযোগ্য পরিমাণে বৃদ্ধি পায় বটে, কিন্তু R_a অতিশয় অল্প বলিয়া I_a এবং R_a —এই দুইটি সংখ্যার গুণফল খুব বেশী হয় না। এমন কি মোটরে পুরা লোড দেওয়ার পরে I_a যখন সর্বোচ্চ মানে থাকে, তখনও $I_a R_a$ -গুণফল V -এর মাত্র শতকরা দুই হইতে ছয় ভাগ পর্যন্ত হয়। এই কারণেই সর্বদা সমান গতিবেগে লোড পরিচালনা করিতে হইলে শাণ্ট মোটর সেই কাজের পক্ষে উপযোগী বলিয়া বিবেচিত হয়, যদিও লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে মোটরের গতিবেগ ক্রমশঃ অল্প পরিমাণে কমিতে আরম্ভ করে। তবে I_a বৃদ্ধি পাইলে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়াও সেই সঙ্গে বৃদ্ধি পায়, ফলে ϕ কিছুটা কমিয়া গিয়া মোটরের গতিবেগ বাড়াইয়া দিতে চেষ্টা করে। সেইজন্য লোডশূন্য অবস্থা হইতে মোটরে পুরা লোড দেওয়া পর্যন্ত আর্মেচারে তড়িৎ-চাপের পতন ($I_a R_a$ -drop) বৃদ্ধি পাইয়া মেশিনের গতিবেগ যতটা কমাইতে পারিত, আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার জন্য ঠিক ততটা পারে না, ϕ কিছুটা হ্রাস পাওয়াতে তাহার অমেকটা আবার পূরণ হইয়া যায়। ১০২নং চিত্রে de -রেখাটি লক্ষ্য করিলেই মোটরের এই বিশিষ্টতা সহজে বুঝিতে পারিবে। লেখচিত্রের ভূজ বরাবর লোডের পরিবর্তে ঘূর্ণকের ভিন্ন ভিন্ন মান বসাইয়া যদি রেখা টানা হয়, তবে তাহা মোটরের গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে সম্বন্ধ (Speed-Torque Characteristic) নির্দেশ করিবে। শাণ্ট মোটরের এই বিশিষ্টতা-রেখাও de -রেখার অনুরূপ হইবে।

(৫) শাণ্ট মোটরের সংক্ষিপ্ত বিবরণ ও ব্যবহার (Brief Description and Uses of Shunt Motors) :—

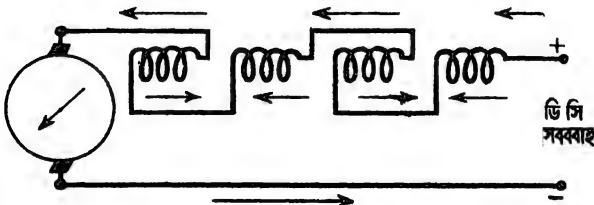
শাণ্ট মোটরের ক্ষমতা ১ অশ্ব-শক্তির ক্ষুদ্র ভগ্নাংশ হইতে শুরু করিয়া ২৫০০০ অশ্ব-শক্তি পর্যন্ত হইতে পারে। এই মোটর ৩০০০ ভোল্ট পর্যন্ত তড়িৎ-চাপের উপযোগী করিয়া নির্মাণ করা যায়। ইহার ফীল্ড-কয়েলের সহিত সিরিজে একটি পরিবর্তন-শীল রোধক (rheostat) সংযুক্ত থাকে। তাহার সাহায্যে মোটরের ফীল্ড-কারেন্ট আর সেই সঙ্গে আর্মেচারের গতিবেগ প্রয়োজনমত বাড়ানো বা কমানো চলে। সেইজন্য পরিবর্তিত অবস্থার উপযোগী করা যায় এমন গতিবেগ (adjustable speed) যেখানে প্রয়োজন, সেখানেও শাণ্ট মোটর ব্যবহার করা হয়। এই মোটরের ফীল্ড-কয়েল সরবরাহ লাইনের সহিত সরাসরি যুক্ত থাকে বলিয়া ফীল্ড দিয়া সর্বদাই এক নির্দিষ্ট পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হইতে থাকে। তাই লোডশূন্য অবস্থাতেও মোটরের গতিবেগ সিরিজ মোটরের ত্রায় বিপজ্জনক হইয়া উঠিতে পারে না। মোটরকে উন্টাদিকে ঘুরাইতে হইলে আর্মেচার কিংবা ফীল্ড দিয়া কারেন্ট বিপরীতদিকে পাঠাইতে হয়। লোড বৃদ্ধি পাইলে মোটরের গতিবেগ খুব সামান্যই কমে। এই কারণে যে-সকল কাজে মোটরের গতিবেগ লোডের সকল অবস্থাতেই মোটামুটি সমান থাকা প্রয়োজন, প্রধানতঃ সেই সকল কাজেই শাণ্ট মোটর ব্যবহার করিতে দেখা যায়।

মাচিন মোটর মেশিন শপে (Machine Shop) লাইন-শাফ্ট, লেড মেশিন, মিলিং মেশিন প্রভৃতি পরিচালনার কাজে সর্বাপেক্ষা বেশী ব্যবহার করা হয়। তাহা ছাড়া কনভেয়ার, স্ততা কাটিবার কলের ক্রেশ, রোয়ার প্রভৃতি সমান গতিবেগে চলে বলিয়া তাহাদেরও মাচিন মোটরের সাহায্যেই ঘুরানো হইয়া থাকে। তবে যে-সকল কাজে লোড হঠাৎ অধিক পরিমাণে বাড়ে-কমে, অথবা যেখানে লোড অনবরতই পরিবর্তিত হইতে থাকে, সেখানে এই মোটর ব্যবহার করা চলে না। স্লাইডইলসহ অথবা একাধিক মোটর পরস্পরের সহিত প্যার্যাললেলে পরিচালিত হওয়ার পক্ষেও এই শ্রেণীর মোটর অল্পব্যবহার্য।

মাচিন মোটর চলিতে থাকার সময় উহার ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ বাহাতে কোন প্রকারেই খুলিতে না পারে, সেই বিষয়ে লক্ষ্য রাখা একান্ত আবশ্যক। সরবরাহ লাইনের সহিত ফীল্ডের সংযোগ খুলিয়া গেলে ফীল্ড-কয়েল দিয়া আর তড়িৎ প্রবাহিত হইতে পারে না। তখন চুম্বকগুলিও আর উত্তেজিত পায় না, ফলে বলরেখার সংখ্যা হ্রাস পাইয়া প্রায় শূন্যমানে আসিয়া দাঁড়ায়, ইহাতে আর্মেচারের গতিবেগ বৃদ্ধি পাইয়া এত প্রচণ্ড হইয়া ওঠে যে, অনতিবিলম্বে মোটরটি উটাইয়া যায় এবং দূরে ছিটকাইয়া পড়িয়া সম্পূর্ণরূপে ধ্বংস হয়।

৬-৯। সিরিজ মোটর (Series Motor)

সিরিজ মোটরে ফীল্ড-কয়েল আর আর্মেচার পরস্পরের সহিত সিরিজে যুক্ত থাকে। সেইজন্য একই কারেন্ট তাহাদের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। এই মোটরে যতগুলি ফীল্ড-কয়েল থাকে, তাহাদের সবকয়টিকে পরস্পরের সহিত এমনভাবে সিরিজে লাগানো হয় যে, যদি প্রথম কয়েল দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ দক্ষিণাবর্তে প্রবাহিত হইতে থাকে, তবে দ্বিতীয় কয়েল দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ অবশ্যই যেন বামাবর্তে ঘুরিতে পাবে। কয়েলগুলি এইভাবে সংযুক্ত থাকিলে তবেই পাশাপাশি অবস্থিত চুম্বকগুলি যথাক্রমে উত্তর ও দক্ষিণ মেরু হিসাবে কাজ



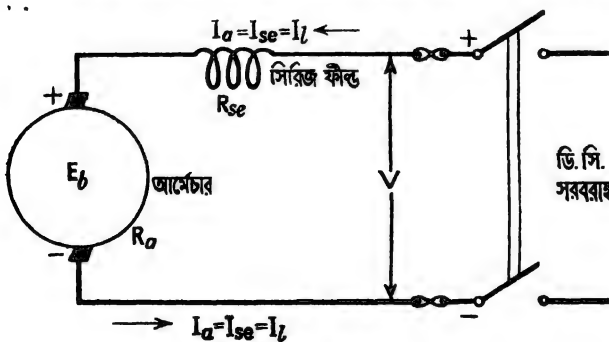
চারি পোল-গুলি সিরিজ মোটরের সংযোগ

১১০নং চিত্র

করিতে পাবে। সিরিজে সংযুক্ত হওয়ার পরে কয়েলগুলির যে দুইটি প্রান্ত খোলা অবস্থায় থাকে, তাহাদের একটিকে সরবরাহ লাইনের সহিত এবং অন্যটিকে ব্রাশের মাধ্যমে আর্মেচারের সহিত সিরিজে লাগানো হয়। ১১০নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলেই ইহা বৃদ্ধিতে

পারিবে। এই চিত্রে মোটরের চারিটি পোলের গায়ে জড়ানো চারিটি কুণ্ডলি এবং আর্মেচার পরস্পরের সহিত কিরূপে সংযুক্ত থাকে, তাহাই দেখানো হইয়াছে। যেহেতু সিরিজ মোটরের ক্ষেত্রে আর্মেচার, ফীল্ড-কয়েল আর সরবরাহ লাইন পরস্পরের সহিত সিরিজে অবস্থান করে, অতএব লাইন হইতে যে পরিমাণ কারেন্ট মোটরে প্রবেশ করে, তাহার সমস্তটাই উহার ফীল্ড এবং আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত হইতে থাকে। সেইজন্য ফীল্ড-কয়েল তৈরী করিবার সময় এমন আয়তনের তার স্ব্যবহার করিতে হয়, যাহাতে মোটরের পূরা কারেন্ট অনবরত প্রবাহিত হইতে থাকিলেও কুণ্ডলির তার যেন অতিরিক্ত গরম হইয়া উঠিতে না পারে। কিন্তু তাই বলিয়া ফীল্ড-কয়েলের তারের আয়তন আর আর্মেচার-কয়েলের তারের আয়তন কখন এক হয় না, তাহাদের মধ্যে প্রস্বেচ্ছদের কিছুটা তফাৎ থাকেই। ইহা মনে রাখা প্রয়োজন যে, ব্রাশ দিয়া যত কারেন্ট যায়, ঠিক তত কারেন্টই আর্মেচার-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হয় না। আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিং অল্পসারে প্রত্যেক আর্মেচার-সারকিটে তাঁড়ং-প্রবাহের পরিমাণ বেশী-কম হইয়া থাকে। আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিং যদি “ওয়েভ” (wave winding) হয়, তবে পোলের সংখ্যা যাহাই হউক না কেন, আর্মেচার-কারেন্ট দুইভাগে বিভক্ত হইয়া যায়, আর যদি ল্যাপ ওয়াইণ্ডিং (lap winding) ব্যবহার করা হয়, তবে মোটরে যতগুলি পোল থাকে, আর্মেচার-কারেন্টও তত ভাগে বিভক্ত হয়। সেইজন্য ১১০নং চিত্রে যে ধরনের সংযোগ দেখানো হইয়াছে, তাহাতে আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিং ওয়েভ হইলে প্রত্যেক আর্মেচার-কয়েল দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ ফীল্ড-কারেন্টের অর্ধেক হইবে, আর ল্যাপ ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে তাহা চারিভাগের একভাগ হইবে।

ছোট ছোট মোটরে “সহায়ক পোল” বা “ইটার পোল” থাকে না। বড় বড় মোটরে এই পোলকে সিরিজ জেনারেটরের ইটার পোলের মত করিয়া সংযুক্ত করা হয়।



সরবরাহ লাইনের সহিত সিরিজ মোটরের সংযোগ

১১১নং চিত্র

এইবার ১১১নং চিত্রটি লক্ষ্য কর। মনে কর,

I_s = সিরিজ ফীল্ড দিয়া প্রবাহিত কারেন্ট,

এবং R_s = সিরিজ ফীল্ডের রোধ।

এই চিত্রে অন্যান্য যে-সকল চিহ্ন ব্যবহার করা হইয়াছে, তাহারা সাণ্ট মোটরের অঙ্করূপ। সুতরাং

$$(১) I_a = I_s = I_l \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$(২) E_b = V - I_a (R_a + R_{s,l}) - (\text{ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন}) \\ = \phi Z \frac{N}{60} \frac{P}{A} \text{ ভোল্ট।}$$

যে-সকল সূত্রের সাহায্যে সাণ্ট মোটরের উৎপাদিত শক্তি, গৃহীত শক্তি, ঘূর্ণক, কর্মক্ষমতা প্রভৃতি নির্ণয় করা হইয়াছে, সিরিজ মোটরের ক্ষেত্রেও ঐ সকল সূত্রই ব্যবহার করিতে হইবে।

উদাহরণ ৬-১৭। একটি ৫০০ ভোল্টের সিরিজ মোটর ৪০০ আর-পি-এম-এ ঘুরিতেছে। যদি উহার এক্সিসিইরেন্স ৯০% হয় এবং স্ট্যাক ট-টর্ক ১৪৪ পাউণ্ড-ফুট থাকে, তাহা হইলে মোটরটি কত কারেন্ট লইবে?

(Elec. Supp. July, 1965)

$$\text{মোটরের অংশ-শক্তি} = \frac{2\pi TN}{33000} = \frac{2 \times 3.14 \times 144 \times 400}{33000} \\ = 10.26 \text{ অংশ-শক্তি।}$$

$$\text{মোটরের উৎপাদিত শক্তি} = 10.26 \times 746 = 7648 \text{ ওয়াট।}$$

$$\text{মোটরের গৃহীত শক্তি} = \frac{\text{মোটরের উৎপাদিত শক্তি} \times 100}{\text{মোটরের \% কর্মক্ষমতা}} \\ = \frac{7648 \times 100}{90} = 8498 \text{ ওয়াট।}$$

$$\therefore VI_l = 8498 \text{ ওয়াট,}$$

$$\text{অতএব } I_l = \frac{8498}{V} = \frac{8498}{100} \\ = 84.98 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

উদাহরণ ৬-১৮। একটি ২২০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপের উপযোগী সিরিজ মোটর সরবরাহ লাইন হইতে ১০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ৮০০ পাক ঘোরে। মেসিনের আরম্ভের রোধ ০.২৫ ওম, সিরিজ ফীল্ডের রোধ ০.১৫ ওম এবং লোহার অংশের আপচয় ও ঘর্ষণের আপচয় একত্রে ১৬০০ ওয়াট। ঐ মোটরের (ক) ব্রেক হর্সপাওয়ার, (খ) আরম্ভের উৎপন্ন মোট ঘূর্ণক, এবং (গ) কার্যকর ঘূর্ণক কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

$$\text{এখানে } V = 220 \text{ ভোল্ট,}$$

$$I_a = I_l = 100 \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$N = \text{প্রতি মিনিটে } 800 \text{ পাক,}$$

$$R_a = 0.25 \text{ ওম,}$$

$$\text{এবং } R_{s,l} = 0.15 \text{ ওম।}$$

$$E_b = V - I_a(R_a + R_{se})$$

$$= 220 - 100(0.25 + 0.15) = 180 \text{ ভোল্ট।}$$

আর্মেচারে উৎপন্ন মোট ক্ষমতার পরিমাপ

$$= E_b I_a = 180 \times 100$$

$$= 18000 \text{ ওয়াট।}$$

(ক) মোটরের ব্রেক হর্সপাওয়ার

$$= \frac{E_b I_a - \text{লোহার অংশের অপচয় ও বর্ষণের অপচয়}}{746}$$

$$= \frac{18000 - 1600}{746} = \frac{16400}{746}$$

$$= 21.98 \text{ অশ্ব-শক্তি।}$$

(খ) আর্মেচারে উৎপন্ন মোট ঘর্ষক

$$T = 0.142 \times E_b I_a \times \frac{60}{N} \text{ নিউটন-মিটার}$$

$$= 0.142 \times 18000 \times \frac{60}{800}$$

$$= 168.6 \text{ নিউটন-মিটার।}$$

(গ) মোটরের কার্যকর ঘর্ষক

$$T_{sh} = 0.142(E_b I_a - \text{লোহার অংশের অপচয় ও বর্ষণের অপচয়}) \times \frac{60}{N}$$

$$= 0.142 \times 16400 \times \frac{60}{800}$$

$$= 135.5 \text{ নিউটন-মিটার।}$$

উদাহরণ ৬-১৯। একটি সিরিজ মোটর ১০০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ৩০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। মেনিনের সমবেত রোধ ০.৪ ওম এবং লোহার অংশের অপচয় ও বর্ষণের অপচয় একত্রে ৫০০ ওয়াট। ঐ মোটরের (ক) আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল, (খ) কার্যকর আউটপুট, এবং (গ) কর্মক্ষমতা কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $V = 100$ ভোল্ট,

$I_a = I_f = 30$ অ্যাম্পিয়ার, এবং

সমবেত রোধ, অর্থাৎ $R_a + R_{se} = 0.8$ ওম।

(ক) আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল

$$E_b = V - I_a(R_a + R_{se}) = 100 - 30 \times 0.8$$

$$= 76 \text{ ভোল্ট।}$$

(খ) মোটরের কার্যকর আউটপুট

$$\begin{aligned}
 &= E_b I_a - \text{লোহার অংশের অপচয় ও ঘর্ষণের অপচয়} \\
 &= ৮৮ \times ৩০ - ৫০০ \\
 &= ২১৪০ \text{ ওয়াট} \\
 &= \frac{২১৪০}{৭৪৬} = ২.৮৭ \text{ অশ্ব-শক্তি।}
 \end{aligned}$$

(গ) মোটরের কর্মক্ষমতা

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{মোটরের কার্যকর আউটপুট}}{\text{মোটরের গৃহীত শক্তি}} \times ১০০\% \\
 &= \frac{২১৪০}{১০০ \times ৩০} \times ১০০ \\
 &= ৭১.৩\%।
 \end{aligned}$$

উদাহরণ ৬-২০। একটি সিরিজ মোটর ২২০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ৪০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ৯০০ পাক ঘোরে। মেশিনের আর্মেচারের রোধ ০.০৪ ওম এবং সিরিজ ফীল্ডের রোধ ০.০৬ ওম। যদি একই সরবরাহ লাইন হইতে ঐ মোটর এখন ৭৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইতে থাকে, আর তাহাতে চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা শতকরা ১৫ ভাগ বৃদ্ধি পায়, তবে উহার আর্মেচার প্রতি মিনিটে কত পাক ঘুরিবে?

$$\begin{aligned}
 \text{এখানে } V &= ২২০ \text{ ভোল্ট,} \\
 I_{a1} &= ৪০ \text{ অ্যাম্পিয়ার,} \\
 N_1 &= \text{প্রতি মিনিটে } ৯০০ \text{ পাক,} \\
 R_a &= ০.০৪ \text{ ওম,} \\
 R_{f1} &= ০.০৬ \text{ ওম,} \\
 \text{এবং } I_{a2} &= ৭৫ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{b1} &= V - I_{a1}(R_a + R_{f1}) = ২২০ - ৪০(০.০৪ + ০.০৬) \\
 &= ২১৬ \text{ ভোল্ট।}
 \end{aligned}$$

$$N_1 = K' \frac{E_{b1}}{\phi_1}।$$

$$\begin{aligned}
 E_{b2} &= V - I_{a2}(R_a + R_{f2}) = ২২০ - ৭৫(০.০৪ + ০.০৬) \\
 &= ২১২.৫ \text{ ভোল্ট।}
 \end{aligned}$$

$$N_2 = K' \frac{E_{b2}}{\phi_2}।$$

$$\text{কিন্তু } \phi_2 = \frac{১১৫}{১০০} \phi_1 = ১.১৫ \phi_1।$$

$$\therefore N_2 = K' \frac{E_{b2}}{1.15\phi_1}$$

$$\text{এখন, } \frac{N_2}{N_1} = K' \frac{E_{b2}}{1.15\phi_1} \times \frac{\phi_1}{K'E_{b1}} = \frac{E_{b2}}{1.15 E_{b1}},$$

$$\therefore N_2 = \frac{N_1 \times E_{b2}}{1.15 E_{b1}} = \frac{200 \times 212.5}{1.15 \times 216} \\ = 990 \text{ পাক/মিনিটে।}$$

উদাহরণ ৬-২১। একটি সিরিজ মোটর যখন ২০০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ১৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে, তখন প্রতি মিনিটে ৮০০ পাক ঘোরে। মেনিনের দুই প্রান্তের মধ্যে সমবেত রোধ ১ ওম। যদি ৫ ওমের একটি অতিরিক্ত রোধক এই মোটরের সহিত সিরিজে সংযুক্ত করা হয় এবং আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে, তবে মোটর প্রতি মিনিটে কত পাক ঘুরিবে?

$$\text{এখানে } V = 200 \text{ ভোল্ট,}$$

$$I_a = 15 \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$N_1 = \text{প্রতি মিনিটে } 800 \text{ পাক,}$$

$$R_a + R_{se} = 1 \text{ ওম,}$$

$$\text{এবং } R = 5 \text{ ওম।}$$

$$E_{b1} = V - I_a(R_a + R_{se}) = 200 - 15 \times 1 \\ = 185 \text{ ভোল্ট।}$$

$$N_1 = K' \frac{E_{b1}}{\phi}।$$

$$E_{b2} = V - I_a(R_a + R_{se} + R) = 200 - 15(1 + 5) \\ = 125 \text{ ভোল্ট।}$$

I_a অপরিবর্তিত থাকিলে ϕ -ও অপরিবর্তিত থাকে।

$$\therefore N_2 = K' \frac{E_{b2}}{\phi}।$$

$$\text{অতএব } \frac{N_2}{N_1} = K' \frac{E_{b2}}{\phi} \times \frac{\phi}{K'E_{b1}} = \frac{E_{b2}}{E_{b1}}$$

$$\therefore N_2 = \frac{N_1 \times E_{b2}}{E_{b1}} = \frac{800 \times 125}{185} \\ = 896 \text{ পাক (প্রতি মিনিটে)।}$$

উদাহরণ ৬-২২। একটি ৪-পোল বিশিষ্ট সিরিজ মোটরের আর্মেচার ওয়েভ ওয়াইন্ডিং যুক্ত। আর্মেচারের পরিবাহীর সংখ্যা ২৪৪ এবং চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা ৩৪.৬ মিলি ওয়েবার। যদি আর্মেচারে উৎপন্ন মোট ঘূর্ণকের পরিমাণ ২০৯ নিউটন-মিটার হয়, তবে ঐ মোটর ৫০০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে কত অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে কত পাক ঘুরিবে? মোটরের সমবেত রোধ ৩ ওহম।

$$\begin{aligned} \text{এখানে } P &= ৪, \\ A &= ২ \text{ (ওয়েভ ওয়াইন্ডিং বলিয়া)}, \\ Z &= ২৪৪, \\ \phi &= \frac{৩৪.৬}{১০০০} = ০.০৩৪৬ \text{ ওয়েবার}, \\ T &= ২০৯ \text{ নিউটন-মিটার}, \\ V &= ৫০০ \text{ ভোল্ট}, \end{aligned}$$

$$\text{এবং } R_a + R_{se} = ৩ \text{ ওহম।}$$

$$T = ০.১৫৯ \phi Z I_a \frac{P}{A} \text{ নিউটন-মিটার},$$

$$\begin{aligned} I_a &= \frac{TA}{০.১৫৯ \phi Z P} \\ &= \frac{২০৯ \times ২}{০.১৫৯ \times ০.০৩৪৬ \times ২৪৪ \times ৪} \\ &= ২০.০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।} \end{aligned}$$

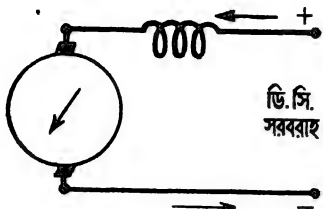
$$\begin{aligned} E_b &= V - I_a (R_a + R_{se}) = ৫০০ - ২০ \times ৩ \\ &= ৪৪০ \text{ ভোল্ট।} \end{aligned}$$

$$\text{আবার, } E_b = \phi Z \frac{N}{৬০} \frac{P}{A} \text{ ভোল্ট},$$

$$\begin{aligned} \therefore N &= \frac{৬০ E_b A}{\phi Z P} = \frac{৬০ \times ৪৪০ \times ২}{০.০৩৪৬ \times ২৪৪ \times ৪} \\ &= ৪০৩ \text{ পাক (প্রতি মিনিটে)।} \end{aligned}$$

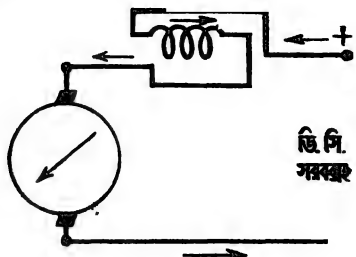
(১) সিরিজ মোটরের আবর্তনের দিক-পরিবর্তন (Change of Direction of Rotation of a D. C. Series Motor)

সিরিজ মোটরকে বিপরীতদিকে ঘুরাইতে হইলে উহার ফীল্ড এবং আর্মেচারের সংযোগ কি কি উপায়ে পরিবর্তন করিতে হয়, তাহা ১১:নং চিত্রের বিভিন্ন নক্সাতে দেখানো হইয়াছে। এই সকল নক্সার কোনটাতে আর্মেচারের সংযোগ আর কোনটাতে ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ উল্টা করিয়া আঁকা আছে। ইহা হইতে সহজেই বুঝিতে পারা যাইবে যে, মোটরকে বিপরীতদিকে ঘুরাইতে হইলে হয় আর্মেচার দিয়া, আর না হয় ফীল্ড দিয়া, তড়িৎ-প্রবাহকে বিপরীতদিকে পাঠানো দরকার।



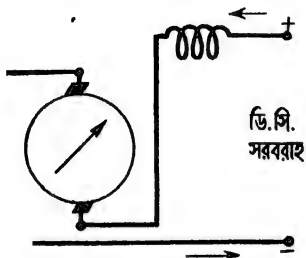
(ক)

মনে কর, মোটরের আর্মেচার বামাবর্তে ঘুরিতেছে। এই অবস্থায় কারেন্ট ফীল্ড-কয়েল দিয়া ডান হইতে বাঁ দিকে আর আর্মেচার দিয়া উপর হইতে নীচের দিকে প্রবাহিত হইতেছে।



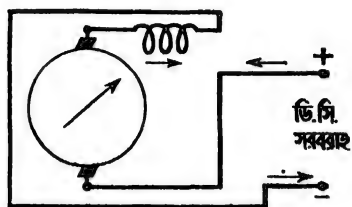
(খ)

এখানে কেবলমাত্র ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ উন্ট। করিয়া দেওয়া আছে, আর্মেচার দিয়া কারেন্ট আগের মতই উপর হইতে নীচের দিকে প্রবাহিত হইতেছে। এই অবস্থায় মোটর বিপরীত দিকে অর্থাৎ দক্ষিণাবর্তে ঘুরিবে।



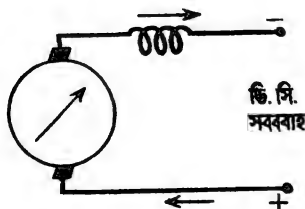
(গ)

এখানে ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ (ক) নমুনার মত আছে, কেবল আর্মেচারের সংযোগ উন্ট। করিয়া দেওয়াতে কারেন্ট আর্মেচার দিয়া নীচ হইতে উপরের দিকে প্রবাহিত হইতেছে। এই অবস্থায়ও র দক্ষিণাবর্তে ঘুরিবে।



(ঘ)

এখানে ফীল্ড এবং আর্মেচার উভয়েরই সংযোগ উন্ট। করিয়া দেওয়া হইয়াছে, ফলে মোটর (ক) নমুনার মত বামাবর্তে ঘুরিবে।



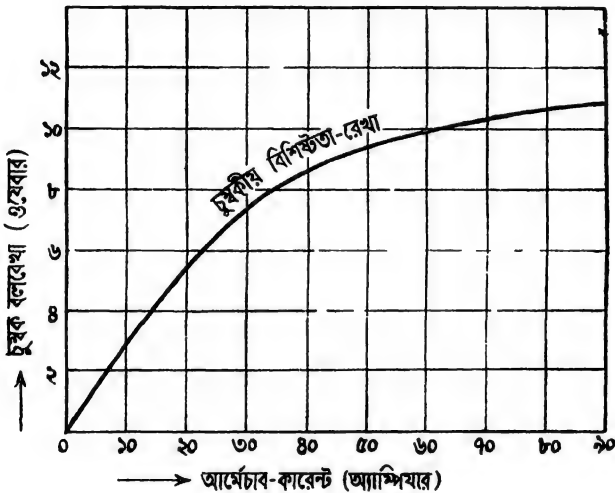
(ঙ)

এখানে মোটরের ভিতরের সংযোগ (ক) নমুনার মতই আছে, কেবল সরবরাহ লাইনের সহিত উহার দুই প্রান্তের সংযোগ বদল করিয়া দেওয়া হইয়াছে। ইহাতে আর্মেচার এবং ফীল্ড দুইয়ের মধ্য দিয়াই কারেন্ট বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইতেছে। সুতরাং মোটর (ক) নমুনার মত বামাবর্তে ঘুরিবে।

(২) সিরিজ মোটরের বিভিন্ন প্রকারের বিশিষ্টতা ও ব্যবহার (Different Characteristics and Uses of Series Motors)

(১) সিরিজ মোটরের 'কারেন্ট-চুম্বকত্ব' বিশিষ্টতা (Flux-Current Characteristic of a Series Motor) : -

সিরিজ মোটরের এই বিশিষ্টতা সাঁট মোটরের অনুরূপ (১০৮নং চিত্রে)। তবে সাঁট ফীল্ডে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ বৃদ্ধি কবিত্তে হইলে ফীল্ড-সার্কিটের রোধ কম করিতে হয়, আব সিরিজ ফীল্ডে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ বৃদ্ধি করিতে হইলে মোটরের লোড বাড়াইতে হয়। সিরিজ মোটরের আর্মেচার দিয়া যত বেশী তড়িৎ প্রবাহিত হয়, উহার ফীল্ড তত বেশী চুম্বক বলেরথা উৎপন্ন করে। আর্মেচার-কারেন্টের সহিত বলেরথার এই সম্বন্ধ ১১৩নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।



সিরিজ মোটরের চুম্বকীয় বিশিষ্টতা-রেখা

১১৩নং চিত্র

(২) লোডের সহিত সিরিজ মোটরে উৎপন্ন ঘূর্ণকের সম্বন্ধ (Torque-Load Characteristic of a Series Motor) :—

সিরিজ মোটরে আর্মেচার-কারেন্ট বৃদ্ধি, ফীল্ড-কারেন্টও তত। কিন্তু সাঁট মোটরে আর্মেচার-কারেন্ট বৃদ্ধি পাইলে ফীল্ড-কারেন্টের কোন পরিবর্তন হয় না। ঘূর্ণক সম্বন্ধে আলোচনা করিবার সময় এই কথা বিশেষভাবে মনে রাখা দরকার।

আর একটি কথা এই যে, সিরিজ মোটরের আর্মেচারে তড়িৎ-প্রবাহ বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে চুম্বকক্ষেত্রে বলেরথার সংখ্যাও বৃদ্ধি পায়। সেইজন্য মোটরের শোল-কোরের আয়তন সাধারণতঃ এমন রাখা হয় বাহ্যতে মোটরে পুরা লোড পড়িলে তবে শোল-কোর সম্পৃক্ত হইতে পারে; আর ইহাতে লোডের পরিমাণ বৃদ্ধি বাড়ি,

মোটরের চুষকত্বের প্রাথমিকতাও তত বৃদ্ধি পায়। কিন্তু সান্ট মোটরে তাহা হয় না, কারণ সান্ট মোটরের চুষকত্ব গোড়া হইতে শেষ পর্যন্ত প্রায় অপরিবর্তিত থাকে।

যতক্ষণ ফীল্ড-চুষকের লোহা অনপৃক্ত থাকে, ততক্ষণ সিরিজ মোটরে কারেন্ট বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে চুষকক্ষেত্রে বলরেখার সংখ্যাও বৃদ্ধি পায়। তাই

$$\phi \propto I_a$$

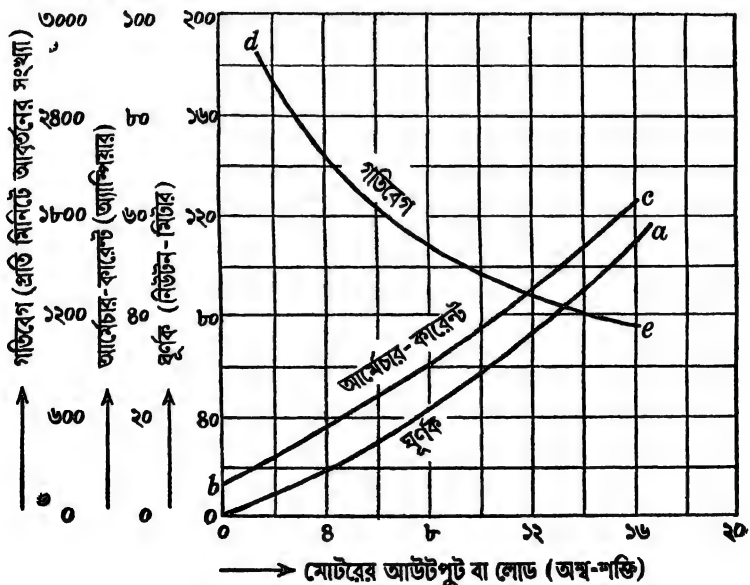
কিন্তু ডি. সি. মোটরে উৎপন্ন ঘূর্ণক

$$T = K \phi I_a$$

অতএব সিরিজ মোটরের ক্ষেত্রে

$$T = K_1 I_a^2$$

হইবে, অর্থাৎ ঘূর্ণক কারেন্টের বর্গফলের সমানুপাতী থাকিবে। মোটর সববরাহ লাইন হইতে যখন ১৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইতে থাকে, তখন যদি আর্যেচারে ১০ নিউটন-মিটার ঘূর্ণক উৎপন্ন হয়, তবে ঐ মোটর যখন সববরাহ লাইন হইতে ৩০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইবে, তখন আর্যেচারে ৪০ নিউটন-মিটার ঘূর্ণক উৎপন্ন হইবে; অর্থাৎ আর্যেচার দ্বিগুণ প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ দ্বিগুণ হইলে উৎপন্ন ঘূর্ণকের পরিমাণ চারিগুণ হইবে। এই কাৰণে যে-সকল কাজে কারেন্ট সামান্য বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে ঘূর্ণক উল্লেখযোগ্য পরিমাণে বৃদ্ধি পাওয়া দরকার, সেই সকল কাজের পক্ষে সিরিজ মোটর অতিশয় উপযোগী। মোটরের এই বিশিষ্টতা ১১৪নং চিত্রে oa -রেখাটির সাহায্যে দেখানো হইয়াছে।



সিরিজ মোটরের বিভিন্ন বিশিষ্টতা-রেখা

১১৪নং চিত্র

(৩) সিরিজ মোটরের আর্মেচার-কারেন্ট আর লোডের মধ্যে সম্বন্ধ (Armature Current-Load Characteristic of a Series Motor) :—

• সিরিজ মোটরের আর্মেচার-কারেন্ট $I_a = \frac{V - E_b}{R_a + R_{se}}$ অ্যাম্পিয়ার। মোটরে লোড দেওয়ার পরে অন্ততঃপক্ষে সাময়িক ভাবেও আর্মেচারের গতিবেগ কিছুটা কমিয়া যায়। তখন আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপও কিছুটা হ্রাস পায়, কারণ

$$E_b \propto N$$

কিন্তু সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজ অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া $V - E_b$ আর সেই সঙ্গে I_a বৃদ্ধি পায়। I_a বৃদ্ধি পাইলে চুম্বক বলরেখার সংখ্যা বৃদ্ধি পায় এবং তাহা E_b -কে পুনরায় সামান্য কিছুটা বাড়াইয়া দেয়। তখন আবার I_a সামান্য কিছুটা কমে। সেইজন্য লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে সার্ট মোটরের আর্মেচার-কারেন্ট যতটা বৃদ্ধি পায়, সিরিজ মোটরের আর্মেচার-কারেন্ট ঠিক ততটা বৃদ্ধি পায় না। ১১৪নং চিত্রে 'bc'-রেখাটি লক্ষ্য করিলেই মোটরের এই বিশিষ্টতা বুঝিতে পারিবে।

(৪) সিরিজ মোটরের গতিবেগ আর লোডের মধ্যে সম্বন্ধ (Speed-Load Characteristic of a Series Motor) :—

সিরিজ মোটরের গতিবেগ

$$N = K \frac{E_b}{\phi} = K' \frac{V - I_a(R_a + R_{se})}{\phi}$$

এই সূত্রের মধ্যে K' -দ্বারা একটি স্থির-রাশি, V -দ্বারা সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজ, I_a -দ্বারা আর্মেচার-কারেন্ট, R_a -দ্বারা আর্মেচারের রোধ, R_{se} -দ্বারা সিরিজ ক্ষীল্ডের রোধ এবং ϕ -দ্বারা প্রতি পোলের চুম্বক বলরেখার সংখ্যা নির্দেশ করা হইয়াছে। মোটরের লোড পরিবর্তিত হইলে একই সঙ্গে I_a আব ϕ পরিবর্তিত হয়।

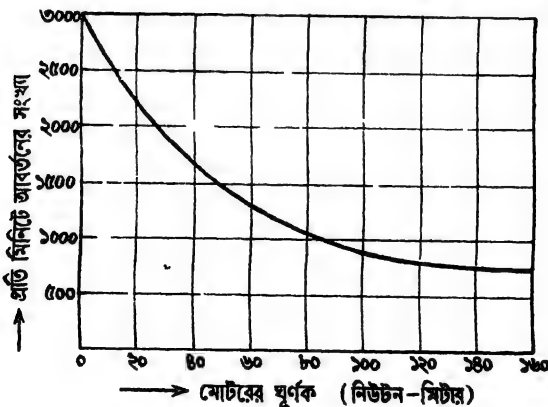
মোটরের লোড যখন বৃদ্ধি পায়, তখন I_a বৃদ্ধি পায়, আর তাহাতে $I_a(R_a + R_{se})$ বৃদ্ধি পাইয়া মোটরের গতিবেগ কমাইয়া দেয়। $I_a(R_a + R_{se})$ পূরা লোডে সাধারণতঃ V -এর শতকরা ৩ হইতে ৮ ভাগ পর্যন্ত হয়, এবং তাহা গতিবেগের এই পরিমাণ অংশই হ্রাস করে। একই সঙ্গে আবার চুম্বক বলরেখার সংখ্যাও বৃদ্ধি পায়, কারণ

$$\phi \propto I_a,$$

এবং মোটরের গতিবেগ ϕ -এর বিপরীত অল্পপাতি বলিয়া ϕ শতকরা যত ভাগ বৃদ্ধি পায়, গতিবেগ শতকরা ঠিক তত ভাগ কমে। অতএব লোড বাড়িলে $I_a(R_a + R_{se})$ আর ϕ উভয়েই একত্রে বাড়ে, আর তাহারা যতই বৃদ্ধি পায়, মোটরের গতিবেগ ততই কমিতে থাকে। সেইজন্য লোড যখন বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে, তখন সার্ট মোটরের গতিবেগ মোটামুটি অপরিবর্তিত থাকিলেও সিরিজ মোটরের গতিবেগ অনেকখানি কমিয়া যায়। মোটরের এই বিশিষ্টতা ১১৪নং চিত্রে 'de'-রেখাটির সাহায্যে দেখানো হইয়াছে।

আবার, সিরিজ মোটরের লোড যখন কমিতে থাকে, তখন I_a আর ϕ একত্রে হ্রাস পায়। ইহাতে মোটরের গতিবেগ বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে। যদি মোটরটি পুরাপুরি লোডশূন্য অবস্থায় চলিয়া আসে, তবে ϕ এত বেশী কমিয়া যায় যে, আরম্ভোত্তরের গতিবেগ তখন অতিরিক্ত মাত্রায় বৃদ্ধি পাইয়া বিপজ্জনক হইয়া ওঠে। কোন কোন ক্ষেত্রে গতিবেগের প্রচণ্ডতাব জন্ত মোটরটি দূরে ছিটকাইয়া পড়ে, আর কেন্দ্রাতিগ বল প্রবল হওয়ার জন্ত আর্মেচারের খাঁজ হইতে পরিবাহীর কুণ্ডলি বাহিব হইয়া আসে; তখন অচিরেই মোটরটি সম্পূর্ণরূপে ধ্বংস হয়। সেইজন্য সাধারণ নিয়ম এই যে, যেখানেই সিরিজ মোটর ব্যবহার করা হইবে, সেখানেই মোটরকে সহিত লোড এমনভাবে জুড়িয়া দিতে হইবে যাহাতে তাহা কখনই খুলিয়া যাইতে না পারে, অর্থাৎ বেল্ট (belt)-এর সাহায্যে কোন মেনিন বা অন্য কোন লোড সিরিজ মোটরকে সঙ্গে কখনও যেন লাগানো না হয়, হয় মোটরের শাক্টের সঙ্গে লোডের শাক্ট চাবি দিয়া আঁটা থাকিবে, আর না হয় তাহারা পরস্পরের সঙ্গে দাঁত-ওয়ালা চাকা (pinion) দিয়া 'গিয়ার' (gear) করা থাকিবে। বেল্টের সাহায্যে মোটরের সহিত লোডকে সংযুক্ত করিলে মোটর চলিবার সময় যদি ঐ বেল্টের জোড়াব মুখ খুলিয়া যায়, কিংবা পুলির উপর হইতে বেল্ট সরিয়া গিয়া সংযোগ বিচ্ছিন্ন হয়, কিংবা অনেকদিন ব্যবহার করা বপে পুরান হওয়াতে বেল্টটি ছিঁড়িয়া যায়, তবে চালু অবস্থায় লোডশূন্য হওয়ার জন্ত মোটরটি সম্পূর্ণরূপে ধ্বংস হইবে।

এই প্রসঙ্গে একটি প্রশ্ন আসিতে পারে যে, ডি. সি. পাখা, যাহা কিনা একটি সিরিজ মোটর, তাহাকে ব্রেড সংযুক্ত না করিয়া ঘুরানো সম্ভব হয় কিরূপে। ডি. সি. পাখা সরবরাহ লাইন হইতে এত কম বৈদ্যুতিক শক্তি গ্রহণ করে যে, সেই



সিরিজ মোটরের আবর্তনের সহিত ঘূর্ণকের সম্বন্ধ

১১ নং চিত্র

ভুলনায় উহার বেয়ারিংয়ে যে শক্তি নষ্ট হয়, তাহা একেবারে নগণ্য নহে। তাই রেড যখন সংযুক্ত না থাকে, তখন বেয়ারিং আর শাক্টের মধ্যে যে ঘর্ষণ চলিতে থাকে, তাহাই ঐ ক্ষুদ্র মোটরের পক্ষে অনেকখানি লোড হিসাবে কাজ করে; ফলে সেই অবস্থায়ও মোটরের গতিবেগ বৃদ্ধি পাইয়া বিপদ সীমায় পৌঁছাইতে পারে না।

সিরিজ মোটরের আবর্তনের সহিত ঘূর্ণকের সম্বন্ধ (Speed-Torque Characteristic) কিরূপ হয়, তাহা ১১৫নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই বিশিষ্টতা-রেখা হইতে জানিতে পারা যায় মোটর কত লোড টানিতে কি রকম জোরে ঘুরিবে। রেখাচিত্রটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, ঘূর্ণকের পরিমাণ যত কম, প্রতি মিনিটে পাকের সংখ্যা ততই বৃদ্ধি পাইতে থাকে।

(৫) সিরিজ মোটরের সংক্ষিপ্ত বিবরণ ও ব্যবহার (Brief Description and Uses of Series Motors) :--

ডি. সি. সিরিজ মোটর অতি ক্ষুদ্র আকৃতিরও হয়, আবার উহা ৩০০০ অঞ্চ-শক্তি পর্যন্ত ক্ষমতাসম্পন্নও হইতে পারে। এই মোটর ১৫০০ ভোল্ট পর্যন্ত তড়িৎ-চাপের উপযোগী করিয়া তৈরী করা যায়। চালু করিবার সময় অনেক ক্ষেত্রে মোটরের সহিত সিরিজে একটি পরিবর্তনশীল রোধক সংযুক্ত করা হয়, আর মোটরের গতিবেগ যত বৃদ্ধি পায়, উহার সার্কিট হইতে এই রোধকের অংশ ততই অধিক হইতে। অধিকতর পরিমাণে বাদ দেওয়া হইতে থাকে। মোটর যখন পূর্ণ গতিবেগে চলিতে আরম্ভ করে, তখন রোধকটিকে সম্পূর্ণরূপে তড়িৎ-বর্তনীর বাহিরে রাখা হয়। যদি কোন লোড পরিচালনার কাজে একই আকারের দুইটি মোটর ব্যবহার করিবার প্রয়োজন দেখা দেয়, তবে সেখানে সিরিজ-প্যার্যালেল পদ্ধতির সাহায্যে মোটরকে চালু করিলে শক্তির অপচয় অনেক কম রাখা যায়। সিরিজ ফীল্ডের সহিত প্যার্যাললে একটি “ডাইভারটার” (diverter) সংযুক্ত করিয়া তাহার সাহায্যে মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা চলে। আর্মেচার কিংবা সিরিজ ফীল্ড দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ উল্টা করিয়া দিলেই মোটর বিপরীত দিকে ঘুরিতে আরম্ভ করে। লোড যত কম, গতিবেগ ততই দ্রুত বৃদ্ধি পাইতে থাকে, আর যদি মোটরকে লোডশূন্য অবস্থায় কিংবা অতিশয় কম লোডে চালানো হয়, তবে এই গতিবেগ বৃদ্ধি পাইয়া বিপজ্জনক হইয়া ওঠে।

ট্রাম গাড়ী, ট্রলি বাস, বৈদ্যুতিক ট্রেন, ক্রেন (crane), ভারী-বস্তু উঠাইবার অগ্ৰাস্ত্র যন্ত্র, হলেজ (haulage) প্রভৃতি পরিচালনার জন্য সিরিজ মোটর ব্যবহার করা হয়। ঘূর্ণক বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে সিরিজ মোটরের গতিবেগ আপনা-হইতেই কমিতে থাকে। সেইজন্য ধে-সকল গাড়ী রেলের উপর দিয়া চলে, তাহাদের পরিচালনা করার পক্ষে সার্ট মোটর অপেক্ষা সিরিজ মোটর অনেক বেশী উপযোগী। যেখানে ডি. সি. সরবরাহের ব্যবস্থা আছে, সেখানে প্রত্যেক বাড়ীতে, অফিসে, স্কুলে বা কলেজে যত পাখা ব্যবহার করা হয়, তাহা সমস্তই ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র সিরিজ মোটরের দ্বারা পরিচালিত। কলিয়ারি ওয়াইণ্ডার (colliery winders) প্রভৃতি পরিচালনার কাজে যখন মোটরের আবর্তন শূন্যমান হইতে পূর্ণ গতিবেগ পর্যন্ত ক্রমাগত পরিবর্তিত হইতে থাকে, তখন আবর্তনের এই

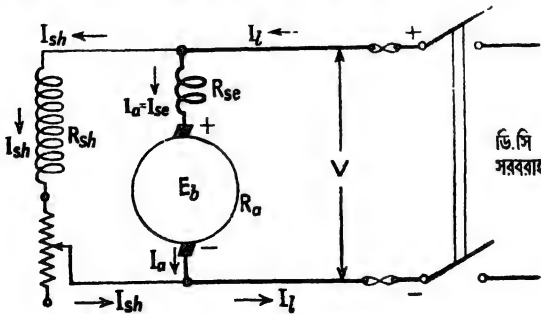
প্রকার হুন্স নিয়ন্ত্রণ “ওয়ার্ড-লিওনার্ড” (Ward-Leonard) পদ্ধতির সাহায্যে করা সম্ভব হয়। অনেক ক্ষেত্রে “মেটাডাইন” (Metadyne) পদ্ধতি আবার ইহা অপেক্ষা অধিকতর উপযোগী বলিয়া বিবেচিত হয়। সেইজন্য বর্তমানে কোন কোন কাজে সিরিজ মোটরের গতিবেগ এই পদ্ধতির সাহায্যেও নিয়ন্ত্রণ করা হইয়া থাকে।

একাধিক সিরিজ মোটরকে খুব সহজেই পরস্পরের সহিত প্যার্যাললেলে সংযুক্ত করিয়া পরিচালনা করা যায়, আর লোডের সমতা রক্ষার জন্য ফ্লাইউইল (Flywheel)-সহ চলিবার পক্ষেও এই শ্রেণীর মোটর অতিশয় উপযোগী।

৬-১০। কম্পাউণ্ড মোটর (Compound Motor)

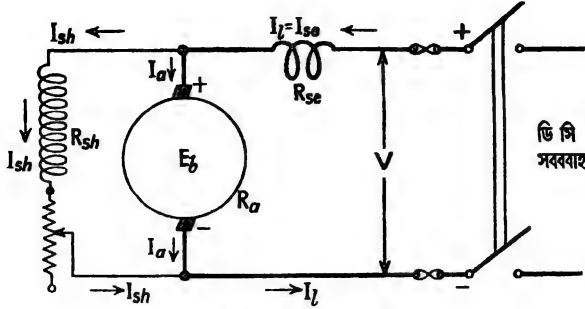
সাল্ট বা সিরিজ মোটরের ত্রায় ডি. সি. কম্পাউণ্ড মোটরও ১ অংশ-শক্তির ক্ষুদ্র ভগ্নাংশ হইতে শুরু করিয়া ৩০০০ অংশ-শক্তি পর্যন্ত ক্ষমতাসম্পন্ন হইতে পারে। এই মোটর ৩০০০ ভোল্ট পর্যন্ত তড়িৎ-চাপের উপযোগী করিয়া তৈরী করা যায়। মোটরের প্রত্যেক ফীল্ড-পোলে সাল্ট কয়েল আর সিরিজ কয়েল দুই-ই থাকে, তাই দুয়েরই সমবেত প্রভাবের বশে আর্গেচারের আবর্তন বদলায়। যখন সিরিজ ফীল্ড সাল্ট ফীল্ডের সহায়ক হিসাবে কাজ করে, তখন মেশিনটিকে বলা হয় “কিউম্বিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর”, আর যখন সিরিজ ফীল্ড সাল্ট ফীল্ডকে বাধা দিতে থাকে, তখন বলা হয় “ডিকারেন্শাল কম্পাউণ্ড মোটর”। যদিও এই দুই শ্রেণীর মোটরের ব্যবহারই ভিন্ন ভিন্ন ক্ষেত্রে প্রচলিত আছে, কিন্তু প্রথম শ্রেণীর মোটর নানা ধরনের কাজে সচরাচর যতটা ব্যবহার করিতে দেখা যায়, দ্বিতীয় শ্রেণীর মোটর সেই তুলনায় খুবই কম ব্যবহার করা হইয়া থাকে। ইহার কারণ উভয় প্রকার কম্পাউণ্ড মোটরের বিশিষ্টতা। এই বিশিষ্টতা সম্বন্ধে নিম্নে এখন বিশদভাবে আলোচনা করা হইতেছে :

১১৬(ক)নং চিত্রে একটি লং-সাল্ট কম্পাউণ্ড মোটরের সংযোগ আর ১১৬(খ)নং চিত্রে একটি সার্ট-সাল্ট কম্পাউণ্ড মোটরের সংযোগ দেখানো হইয়াছে। এই দুই চিত্রে যে-সকল চিহ্ন ব্যবহার করা হইয়াছে, তাহারা সাল্ট ও সিরিজ মোটরের অঙ্করূপ।



লং-সাল্ট কম্পাউণ্ড মোটর

১১৬(ক)নং চিত্র



স্ট-সান্ট কম্পাউন্ড মোটর

১১৬(খ) নং চিত্র

(ক) লং-সান্ট কম্পাউন্ড মোটর :-

(১°) $I_a = I_s = I_L - I_{sh}$ অ্যাম্পিয়ার,

(২°) $I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}}$ অ্যাম্পিয়ার,

(৩°) $E_b = V - I_a(R_a + R_{se}) -$ (ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন)
 $= \phi Z \frac{N}{60} \frac{P}{A}$ ভোল্ট।

(খ) স্ট-সান্ট কম্পাউন্ড মোটর :-

(১°) $I_L = I_s$ অ্যাম্পিয়ার,

(২°) $I_a = I_L - I_{sh}$ অ্যাম্পিয়ার,

(৩°) $I_{sh} = \frac{V - I_L R_{se}}{R_{sh}}$ অ্যাম্পিয়ার,

(৪°) $E_b = V - I_L R_{se} - I_a R_a -$ (ব্রাশে তড়িৎ-চাপের পতন)
 $= \phi Z \frac{N}{60} \frac{P}{A}$ ভোল্ট।

অত্যন্ত যে-সকল সূত্রের সাহায্যে সান্ট মোটরের উৎপাদিত শক্তি, গৃহীত শক্তি, ঘূর্ণক, কর্মক্ষমতা প্রভৃতি নির্ণয় করা হয়, কম্পাউন্ড মোটরের উভয় প্রকার সংযোগের (লং-সান্ট আর স্ট-সান্ট) ক্ষেত্রেও ঐ সকল সূত্রই ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

উদাহরণ ৬-২৩। একটি ২২০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপের উপযোগী লং-সান্ট কম্পাউন্ড মোটর পূর্ণ লোডসহ চলিবার সময় সরবরাহ লাইন হইতে ৬২ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। আর্মেচারের রোধ ০.১ ওম, সান্ট কন্ডাক্টর-রোধ ১১০ ওম এবং শিরিষ কন্ডাক্টর রোধ ০.০৫ ওম।

পুরা লোড দেওয়ার পরে ঐ মোটরের আর্মেচার দিয়া কত অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হইবে এবং আর্মেচারে কত ভোল্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $V = ২২০$ ভোল্ট,

$I_l = ৬২$ অ্যাম্পিয়ার,

$R_a = ০.১$ ওহম,

$R_{sh} = ১১০$ ওহম,

এবং $R_{se} = ০.০৫$ ওহম।

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{২২০}{১১০} = ২ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_a = I_l - I_{sh} = ৬২ - ২ \\ = \underline{৬০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}}$$

$$E_b = V - I_a(R_a + R_{se}) \\ = ২২০ - ৬০(০.১ + ০.০৫) \\ = \underline{২১১ \text{ ভোল্ট।}}$$

উদাহরণ ৬-২৪। উপরের উদাহরণের (উদাহরণ ৬-২৩) মোটরটি যদি সর্ট-সার্ক কম্পাউণ্ড মোটর হয়, তবে আর্মেচার-কারেন্ট কত অ্যাম্পিয়ার এবং আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ কত ভোল্ট হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

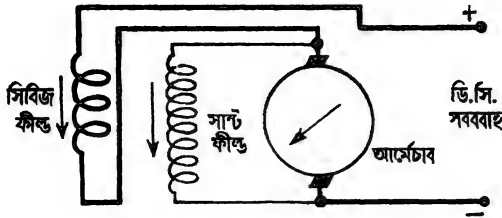
$$I_{sh} = \frac{V - I_l R_{se}}{R_{sh}} = \frac{২২০ - ৬২ \times ০.০৫}{১১০} \\ = \frac{২১৬.৯}{১১০} = ১.৯৭ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_a = I_l - I_{sh} = ৬২ - ১.৯৭ \\ = \underline{৬০.০৩ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}}$$

$$E_b = V - I_l R_{se} - I_a R_a \\ = ২২০ - ৬২ \times ০.০৫ - ৬০.০৩ \times ০.১ \\ = \underline{২১০.৯ \text{ ভোল্ট।}}$$

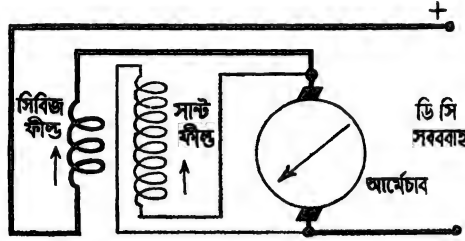
(ক) কিউমুলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর (Cumulative Compound Motor) :—

কিউমুলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরকে বিপরীতমুখী ঘুরাইতে হইলে উহার ফীল্ড এবং আর্মেচারের সংযোগ যে যে উপায়ে পরিবর্তন করিতে হয়, তাহা ১১৭নং চিত্রের বিভিন্ন নক্সাতে দেখানো হইয়াছে।



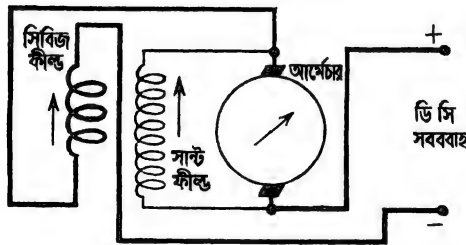
(ক)

মনে কর, মোটরের আর্মেচার বামাবর্তে ঘুরিতেছে। এই অবস্থায় সাল্ট ফীল্ড আর সিরিজ ফীল্ড উভয়ের মধ্য দ্বিধাই কারেন্ট উপর হইতে নীচের দিকে প্রবাহিত হইতেছে (অর্থাৎ এক ফীল্ড-কয়েল অঙ্কে সাহায্য করিতেছে), আর আর্মেচার দ্বিধাও কারেন্ট উপর হইতে নীচের দিকে আসিতেছে।



(খ)

এখানে আর্মেচার দ্বিধা কারেন্ট (ক)-এব মতই প্রবাহিত হইতেছে, কিন্তু সাল্ট ফীল্ড আর সিরিজ ফীল্ডের সংযোগ উল্টা করিয়া দেওয়াতে তাহাদের মধ্য দ্বিধা কারেন্ট নীচ হইতে উপরের দিকে প্রবাহিত হইতেছে। এই অবস্থায় মোটর দক্ষিণাবর্তে ঘুরিবে।



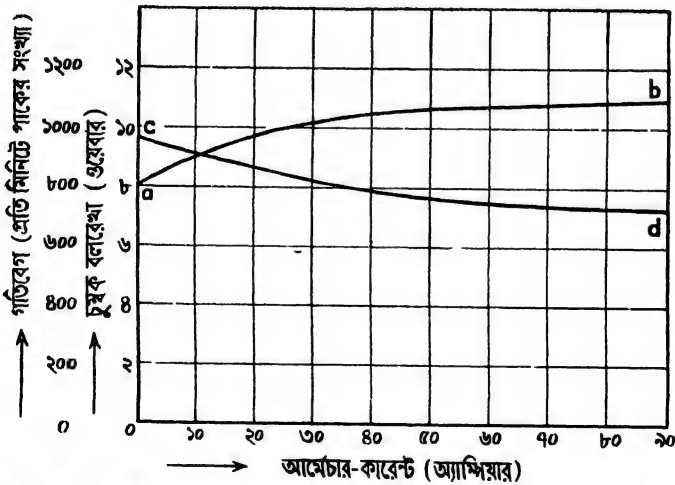
(গ)

এখানে আর্মেচার, সাল্ট ফীল্ড আর সিরিজ ফীল্ড—সব কয়টির সংযোগই উল্টা করিয়া দেওয়া হইয়াছে। অতএব এই অবস্থায় মোটর বামাবর্তে ঘুরিবে।

১১৭নং চিত্র

কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরের প্রত্যেক ফীল্ড-পোলে সিরিজ কয়েল আর সাল্ট কয়েল দুই-ই থাকে বলিয়া দুইয়েরই সমবেত প্রভাবের বশে মোটরের আবর্তনের সংখ্যা বড়লায়; অর্থাৎ সাল্ট ফীল্ড মোটরকে একই জোরে চালাইতে চেষ্টা করে, আর সিরিজ

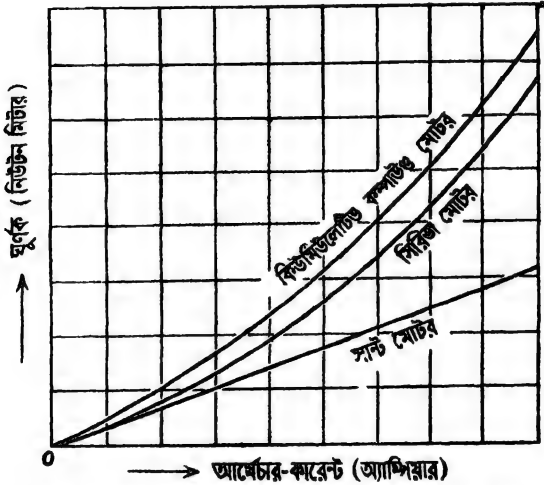
ফীল্ড লোড বৃদ্ধি পাইলে মোটরের গতিবেগ কমাইয়া দেয়। ফলে দুই রকম কয়েলের অ্যাম্পিয়ার-টার্ণের অল্পপাত-মত পাকের সংখ্যা বদলাইতে থাকে। যদি কোন মোটরের সিরিজ ফীল্ড জনিত চুম্বক বলরেখা শতকরা দশ ভাগ আর সার্ট ফীল্ড জনিত বলরেখা শতকরা নব্বই ভাগ হয়, তবে মোটরের আচরণ বেশীর ভাগ সার্ট মোটরের মতই হইবে; আর যদি ঐ বলরেখা যথাক্রমে শতকরা বিশ ভাগ আর শতকরা আশি ভাগ হয়, তবে পুরা লোডসহ চলিবার সময় মোটরের পাকের সংখ্যা পূর্বকার তুলনায় বেশী কমিবে। লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে মোটরের গতিবেগ কিভাবে কমিয়া আসে, তাহা ১১৮নং চিত্রের cd রেখাটি লক্ষ্য করিলেই বুঝিতে পারিবে। এই চিত্রে ab-রেখাটির সাহায্যে মোটরের চুম্বকীয় বিশিষ্টতাও দেখানো হইয়াছে। এখন, যদি সিরিজ ফীল্ডের উত্তেজনের ভাগ ক্রমে ক্রমে বৃদ্ধি করা যায়, তবে দেখা যাইবে যে লোডশূন্য অবস্থায় মোটরের গতিবেগ আরও বাড়িয়া গিয়াছে, আর লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে মোটরের গতিবেগ আরও বেশী পরিমাণে হ্রাস পাইতেছে। মোটরে লোড দিলেই সিরিজ ফীল্ডের উত্তেজন চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা বৃদ্ধি করে, ফলে একই আর্মেচার-কারেন্টের ক্ষেত্রে একটি কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরের গতিবেগ সর্বদাই একটি সার্ট-মোটরের গতিবেগ অপেক্ষা কম হইয়া থাকে।



কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরের চুম্বকীয় বিশিষ্টতা এবং গতিবেগের সহিত লোডের সম্বন্ধ
১১৮নং চিত্র

এইবার কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরের ঘূর্ণক আর কারেন্টের মধ্যে সম্বন্ধ কিরূপ হয়, তাহা লক্ষ্য কর। ১১৯নং চিত্রে মোটরের এই বিশিষ্টতা দেখানো হইয়াছে। পরস্পরের সহিত তুলনা করিবার জন্য ঐ একই চিত্রে একটি সিরিজ মোটর এবং একটি সার্ট মোটরের ঘূর্ণকের বিশিষ্টতা-রেখাও আঁকা আছে। চিত্রে দেখা যাইতেছে যে,

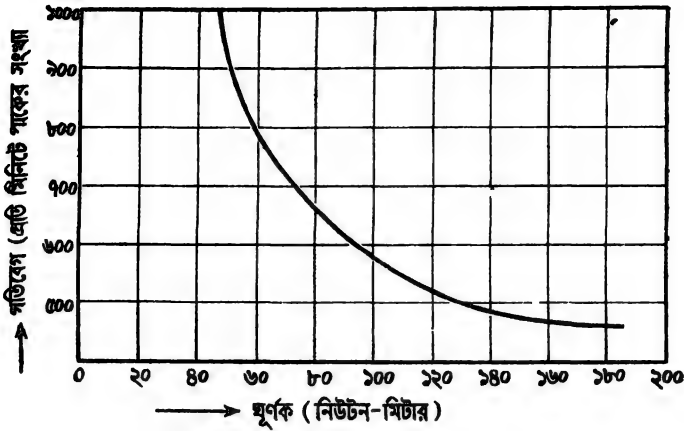
সিরিজ মোটরের বিশিষ্টতা-রেখা গোড়ার দিকে ষতটা ঝাঁক, কম্পাউণ্ড মোটরের বিশিষ্টতা-রেখা ততটা নয়। সিরিজ ফীল্ডের সহিত সান্ট ফীল্ডের সহযোগ থাকার ফলস্বরূপ এই তফাত হইয়াছে, কেন না সান্ট মোটরের ঘূর্ণকের রেখাচিত্র একেবারে সোজা। তাই সান্ট ফীল্ড থাকার ফলে কম্পাউণ্ড মোটরের ঘূর্ণকে তাহার প্রভাব পড়িয়াছে, অর্থাৎ ঘূর্ণক-রেখাকে অনেকটা সরলরেখা করিয়া আনিয়াছে। ইহার অর্থ এই যে, লোড বৃদ্ধি পাইতে থাকিলেও সান্ট মোটর সর্বদা একই ভোরে লোড টানিতে চেষ্টা করে, কিন্তু সিরিজ মোটরে তাহা হয় না। এই মোটরে লোড কম পড়িলে ঘূর্ণক সান্ট মোটর অপেক্ষা কিছু কম হয় বটে, কিন্তু লোড যত বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে, ঘূর্ণকও তত বেশী করিয়া উৎপন্ন হইতে থাকে, আর বেশী লোডে সিরিজ মোটরের ঘূর্ণক সান্ট মোটরের ঘূর্ণক অপেক্ষা উল্লেখযোগ্য পরিমাণে বেশী হয়। মোটরে যত বেশী লোড দেওয়া যায়, সিরিজ ফীল্ডের উত্তেজন ততই চুম্বক বলরেখার সংখ্যা বৃদ্ধি করিতে থাকে,



কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর সহিত কারেন্টের সম্বন্ধ
১১২নং চিত্র

কলে মোটরের ঘূর্ণক এইভাবে বৃদ্ধি পায়। আর ঐ একই কারণে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ সমান থাকিলেও (অর্থাৎ লোড সমান হইলেও) সান্ট মোটরের তুলনায় কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর অনেকটা বেশী ঘূর্ণক উৎপন্ন করিতে সমর্থ হয়।

ঘূর্ণকের সহিত আবর্তন-সংখ্যার সম্বন্ধ কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরের ক্ষেত্রে কিরূপ হইতে পারে, তাগ ১২০নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এখানেও কম্পাউণ্ড মোটর সান্ট আর সিরিজ মোটরের মাঝামাঝি চালে চলিতে থাকে, অর্থাৎ ঘূর্ণক কমিতে থাকিলে কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরের গতিবেগ সান্ট মোটর অপেক্ষা বেশী, কিন্তু সিরিজ মোটর অপেক্ষা কম, বৃদ্ধি পায়।



কম্পাউন্ড মোটরে পাকের সংখ্যার সহিত ঘূর্ণকের সম্বন্ধ

১২.০" চিত্র

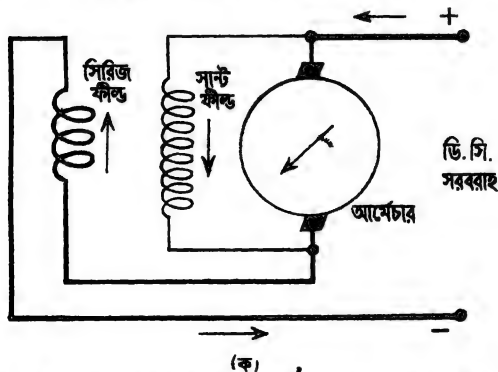
কিউমিউলেটিভ কম্পাউন্ড মোটরের লোড যদি হঠাৎ বৃদ্ধি পায়, তবে উহার আরম্ভের সঙ্গে সঙ্গে এই লোডের উপযোগী অধিক পরিমাণ ঘূর্ণক উৎপন্ন করিতে সমর্থ হয়। তাহা ছাড়া লোডশূন্য অবস্থায় বা খুব অল্প পরিমাণ লোডসহ চলিবার সময় টার্মিট্রাল ভোল্টেজ অপরিবর্তিত থাকিলে সিরিজ মোটরের গতিবেগ যেমন বৃদ্ধি পাইয়া বিপজ্জনক হইয়া ওঠে, কিউমিউলেটিভ কম্পাউন্ড মোটরের গতিবেগ তেমন হয় না। এই মোটরের সার্ট ফীল্ডে তড়িৎ-প্রবাহ লোডের সকল অবস্থাতেই সমান থাকে, ফলে লোডশূন্য অবস্থায়ও সার্ট ফীল্ড প্রয়োজনীয় সংখ্যক চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন করিতে পারে। তাই মোটরটি লোডশূন্য অবস্থায় একটি সাধারণ সার্ট মোটর হিসাবে চলিতে থাকে। যদিও সিরিজ ফীল্ড এই সময় অতি সামান্য সংখ্যক বলরেখা উৎপন্ন করে, আর সেই কারণেই লোডশূন্য অবস্থায় কিউমিউলেটিভ কম্পাউন্ড মোটরের গতিবেগ কিছুটা বৃদ্ধি পায়, তবে গতিবেগের সেই বৃদ্ধি কখনই মোটরের পক্ষে বিপজ্জনক হইয়া উঠিতে পারে না। মোটরের এই বিশিষ্টতার জন্য যে-সকল মেশিনে হঠাৎ খুব বেশী লোড পড়ে বা লোডের পরিমাণ হঠাৎ অনেকখানি কমিয়া যায়, কিংবা যে-সকল মেশিনের লোড অনবরতই পরিবর্তিত হইতে থাকে, যেমন—লোহার পাত তৈরী করার কল (rolling mills), পাথর ভাঙার কল, বড় বড় লেদ (lathe), প্ল্যানিং কল (planing machine), কাঠ চেরা কল ইত্যাদি, সেই সকল মেশিন পরিচালনার কাজে কিউমিউলেটিভ কম্পাউন্ড মোটর অতিশয় উপযোগী। মেশিনের সাহায্যে যখন ‘ভারি কোপ’ (heavy cut) দেওয়া হয়, কিংবা বড় বড় পাথর ভাঙা শুরু হয়, তখন মোটরে হঠাৎ খুব বেশী লোড পড়ে। আবার একধণ্ড পাথর ভাঙা শেষ হওয়ার পরে নতুন আরেক ধণ্ড ভাঙার কাজ শুরু হওয়ার পূর্ব পর্যন্ত মোটরটি হালকা লোডে চলিতে থাকে। অনেক সময় এই সকল আয়তনীয় মোটরের শাক্টের উপর

একটি ভারি ফ্লাইহুইল (flywheel) জুড়িয়া দেওয়া হয়, আর তাহার পাশেই পুলির সঙ্গে, বেল্টের সাহায্যেই হউক কিংবা দাঁতাল চাকার (gearing) সাহায্যেই হউক, মেশিন লাগানো থাকে। ইহাতে সুবিধা এই যে, হাল্কা চলার সময় ভারি ফ্লাইহুইলকে পুরা জোরে ঘুরাইতে যে শক্তি খরচ হয়, ঘুরন্ত ফ্লাইহুইলে তাহা সঞ্চিত থাকে। যখন মেশিনে বেশী লোড পড়ে, তখন মোটর আন্তে চলিতে শুরু করে। এই সময় ফ্লাইহুইলে সঞ্চিত শক্তি খরচ হইতে থাকে, অর্থাৎ ভারি বলিয়া ফ্লাইহুইল আগেরমত কতকটা একই বেগে মেশিনকে ঘুরায়, আর ইহাতে মোটরের অনেক সাহায্য হয়।

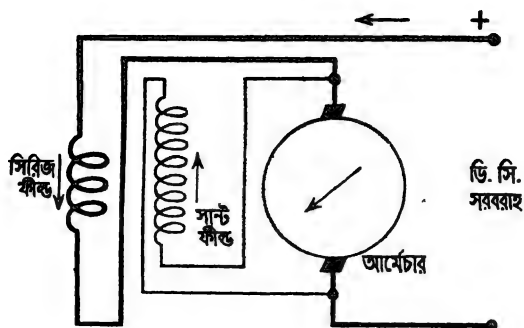
যে সকল মেশিন চালু করিতে অধিক পরিমাণ ঘূর্ণকের প্রয়োজন হয়, অথচ যেখানে সিরিজ মোটর ব্যবহার করিতে গেলে নানা প্রকার অসুবিধা দেখা দেওয়ার সম্ভাবনা থাকে (যেমন, মোটরকে যদি কখন হাল্কা লোডে চালাইবার প্রয়োজন হয়, তবে সিরিজ মোটর ব্যবহার করিলে গতিবেগ অতিশয় বৃদ্ধি পাইতে পারে), সেখানে কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করাই যুক্তিযুক্ত। কপিকল বা ক্রেন (crane), উত্তোলন করার যন্ত্র বা এলিভেটর (elevator) প্রভৃতির পরিচালনা এই ধরনের কাজের অন্তর্গত। তাহা ছাড়া, একই লোডের ক্ষেত্রে সিরিজ মোটর অপেক্ষা কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর কিছুটা বেশী ঘূর্ণক উৎপন্ন করিতে সমর্থ হয়। এই দুই কারণে ট্রাম গাড়ী, ট্রলি বাস, বৈদ্যুতিক ট্রেন প্রভৃতি পরিচালনার কাজেও অধিকাংশ ক্ষেত্রেই সিরিজ মোটরের পরিবর্তে কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করিতে দেখা যায়।

(খ) ডিফারেন্সিয়াল কম্পাউণ্ড মোটর (Differential Compound Motor) :-

কম্পাউণ্ড মোটরের সিরিজ ফীল্ড যখন উহার শাণ্ট ফীল্ডকে অনবরত বাধা দিতে থাকে, তখন উহাকে “ডিফারেন্সিয়াল কম্পাউণ্ড মোটর” বলে। এই মোটরকে বিপরীত দিকে ঘুরাইতে হইলে উহার আর্মেচার এবং ফীল্ড দুইটির সংযোগ যে যে উপায়ে পরিবর্তন করিতে হয়, তাহা ১২১নং চিত্রের বিভিন্ন নক্সাতে দেখানো হইয়াছে।

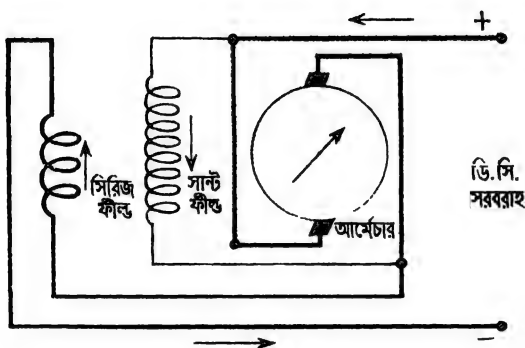


যখন কয়, মোটরের আর্মেচার বামাবর্তে ঘুরিতেছে। এখানে কারেন্ট আর্মেচার ও শাণ্ট কীল্ড দ্বিধা উপর হইতে নীচের দিকে আর সিরিজ কীল্ড দ্বিধা নীচ হইতে উপরের দিকে (অর্থাৎ শাণ্ট কীল্ডের বিপরীত দিকে) প্রবাহিত হইতেছে।



(খ)

আর্মেচারের সংযোগ (ক)-এর অনুরূপ হওয়াতে কারেন্ট আর্মেচার দিয়া একই দিকে অর্থাৎ উপর হইতে নীচের দিকে প্রবাহিত হইতেছে। কিন্তু উভয় ফীল্ডের সংযোগ উল্টা করিয়া দেওয়াতে কারেন্ট সাঁট ফীল্ড দিয়া নীচ হইতে উপরের দিকে আর সিরিজ ফীল্ড দিয়া উপর হইতে নীচের দিকে যাইতেছে। এই অবস্থায় মোটর স্বক্ষিপ্যবর্তে ঘরিতে থাকিবে।



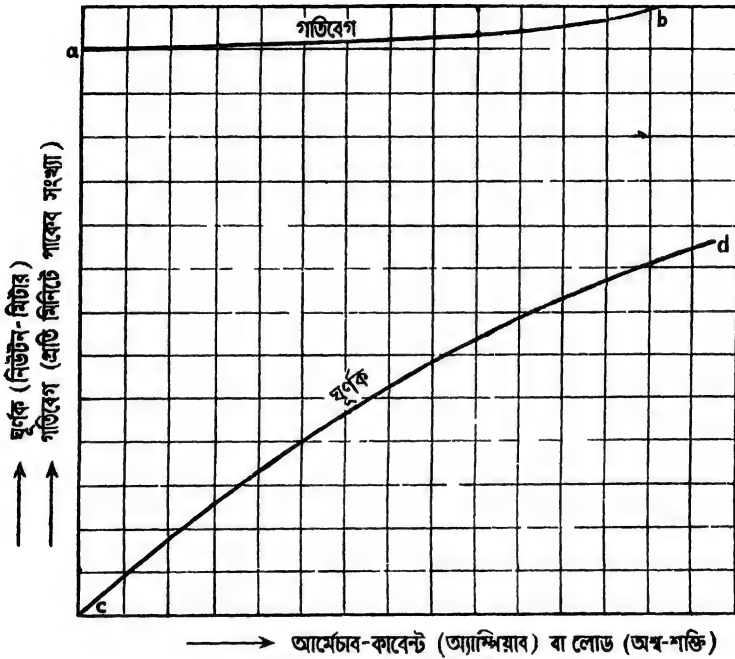
(গ)

এখানে উভয় ফীল্ডের সংযোগ (ক)-এর অনুরূপ আছে, আর আর্মেচারের সংযোগ উল্টা করা হইয়াছে। সুতরাং কারেন্ট আর্মেচার ও সিরিজ ফীল্ড দিয়া নীচ হইতে উপরের দিকে আর সাঁট ফীল্ড দিয়া উপর হইতে নীচের দিকে প্রবাহিত হইতেছে। এই অবস্থায়ও মোটর স্বক্ষিপ্যবর্তে ঘুরিবে।

১২১নং চিত্র

ডিফারেন্শিয়াল কম্পাউণ্ড মোটরে যত বেশী লোড পড়ে, উহার সিরিজ ফীল্ডের উত্তেজনা ততই বৃদ্ধি পাইতে থাকে। কিন্তু সাঁট ফীল্ডের উত্তেজনা মোটামুটি অপরিবর্তিত থাকে, আর সিরিজ ফীল্ড অনবরত সাঁট ফীল্ডকে বাধা দেয় বলিয়া

মোটরের লোড বৃদ্ধি পায়, ফীল্ডের সমবেত উত্তেজন ততই কমিতে আরম্ভ করে। সেইজন্য সিরিজ ফীল্ডের উত্তেজন এমনভাবে সামঞ্জস্য করিয়া রাখা যায় যাহাতে লোড বৃদ্ধি পাইলে মোটরের গতিবেগ বৃদ্ধি কমে, চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা হ্রাস পাওয়াতে গতিবেগ আবার ততটাই বৃদ্ধি পায়। ফলে মোটর লোডের সকল অবস্থাতেই প্রায় সমান গতিবেগে চলিতে পারে, এমন কি লোডের পরিমাণ বেশী হইলে উহার গতিবেগ বৃদ্ধি পাইতে পর্যন্ত পারে। মোটরের লোড আর গতিবেগের মধ্যে এই সম্বন্ধ ১২২নং চিত্রে ab -রেখাটির সাহায্যে দেখানো হইয়াছে।



ডিকারেন্সাল কম্পাউণ্ড মোটরের বিভিন্ন বিশিষ্টতা-রেখা

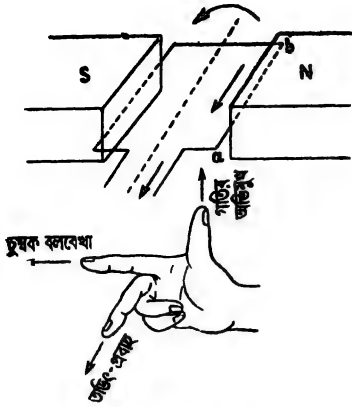
১২২নং চিত্র

গতিবেগ অপরিবর্তিত থাকিলেও লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে বলরেখার সংখ্যা হ্রাস পায় বলিয়া ডিকারেন্সাল কম্পাউণ্ড মোটরের ঘূর্ণক কিন্তু বিশেষ বাড়ে না। ১২২নং চিত্রে cd -রেখাটি লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারিবে। মোটরের এই বিশিষ্টতার জন্য যে-সকল কাজে গতিবেগ সমান থাকা বিশেষ প্রয়োজন, অথচ যেখানে লোড খুব বেশী পরিমাণে বাড়ে না বা কমে না, সেখানে ডিকারেন্সাল কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করা চলে। তবে, যেহেতু একটি সাঁট মোটরের সাহায্যেই লোডের

সকল অবস্থাতে মোটামুটি অপরিবর্তিত গতিবেগ পাওয়া যায়, তাই ডিফারেন্শাল কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করার বিশেষ কোন সার্থকতা দেখা যায় না। তাহা ছাড়া, এই শ্রেণীর মোটর ব্যবহার করিবার সময় অনেকগুলি অসুবিধার সম্মুখীন হইতে হয়। যেমন, মোটরের প্রত্যেক পোলের গায়ে সিরিজ ফীল্ড আর সাণ্ট ফীল্ডের কয়েল জড়ানো থাকে, কিন্তু সিরিজ কয়েলের তারের পাকের সংখ্যা সাণ্ট কয়েলের তারের পাকের সংখ্যা অপেক্ষা অনেক কম বলিয়া সিরিজ কয়েলের ইণ্ডাক্ট্যান্স (inductance) সাণ্ট কয়েলের ইণ্ডাক্ট্যান্স অপেক্ষা অনেক কম হয়। সেইজন্য মোটরে কারেন্ট প্রবেশ করা মাত্র সিরিজ ফীল্ড যত শীঘ্র উত্তেজিত হইতে পারে, সাণ্ট ফীল্ড তত শীঘ্র পারে না। কিন্তু সিরিজ ফীল্ড আবার সাণ্ট ফীল্ডের বিপরীত অভিমুখে কাজ করে। অতএব চালু করিবার সময় সিরিজ ফীল্ডে তড়িৎ-প্রবাহ যখন অধিক পরিমাণে প্রবেশ করে, তখন চুম্বকের মেরুজ বদলাইয়া গিয়া মোটর উল্টা দিকে ঘুরিবার সম্ভাবনা দেখা দেয়। এই অসুবিধা দূর করিবার জন্য অনেক মোটর চালু করার সময় উহার সিরিজ ফীল্ড সট-সারকিট করিয়া রাখার প্রয়োজন হয়। আবার, লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে চুম্বকক্ষেত্রে বলরেখার সংখ্যা হ্রাস পায়। সেইজন্য মোটরে বেশী লোড পড়িলে উহা অতিশয় জ্বরে ঘুরিতে আরম্ভ করে, এবং খুব বেশী লোডে এই গতিবেগ মোটরের পক্ষে বিপজ্জনক হইয়াও উঠিতে পারে। তাই খুব ছোট ছোট পরিমাপক যন্ত্র (measuring instruments) ছাড়া কলকারখানায় বড় বড় মেসিন প্রভৃতি পরিচালনার জন্য ডিফারেন্শাল কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করা নিরাপদ নহে।

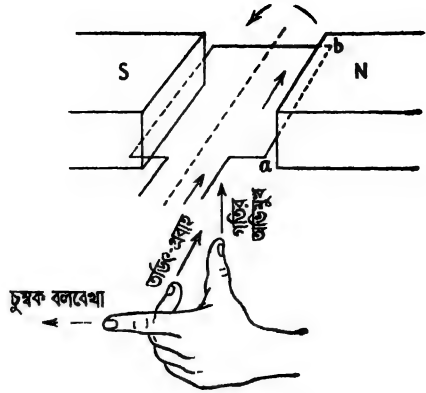
৬-১১। ডি. সি. জেনারেটরকে মোটর হিসাবে পরিচালনা করিলে আর্মেচার কোন্ দিকে ঘোরে

যদি কোন একটি জেনারেটরে বাহির হইতে বিদ্যুৎ সরবরাহ দেওয়া যায়, তবে উহা মোটর হিসাবে চলিতে আরম্ভ করে। এখন লক্ষ্য কর উহা কোন্ দিকে ঘোরে— ডাইনামো হিসাবে যে অভিমুখে মেসিনের আর্মেচারকে ঘুরানো হইয়াছিল সেই অভিমুখে, না তাহার বিপরীত অভিমুখে। এখানে প্রথমেই মনে রাখিতে হইবে যে, জেনারেটরের গতির অভিমুখ বাহির করিতে হইলে “ফ্রেমিং-এর দক্ষিণ হস্ত নিয়ম” আর মোটরের ক্ষেত্রে “ফ্রেমিং-এর বাম হস্ত নিয়ম” ব্যবহার করিতে হয়। প্রত্যেকে নিজের নিজের ডান হাত এবং বাঁ হাতের প্রথম তিনটি আঙ্গুলকে একত্রে পরস্পরের সমকোণে এমনভাবে বাঁকাইয়া ধর বাহাতে দুই হাতের তর্জনী একই চুম্বক বলরেখার অভিমুখে, আর বৃড়া আঙ্গুল একই গতির অভিমুখে ছড়ানো থাকে। এই রকম করিলে দেখিতে পাইবে, ডান হাতের মাঝের আঙ্গুল (অর্থাৎ জেনারেটরের তড়িৎ-প্রবাহ) বাঁ হাতের মাঝের আঙ্গুলের (অর্থাৎ মোটরের তড়িৎ-প্রবাহের) ঠিক বিপরীত দিকে ছড়ানো রহিয়াছে (১২৩নং চিত্র)।



জেনারেটর

(ক) মনে কর, জেনারেটরে চুম্বক বলের দ্বারা ডান দিকে হইতে বাঁ দিকে যাইতেছে (দক্ষিণ হস্তের তর্জনী ইহা নির্দেশ করিতেছে), আরম্ভের দিক বামাবর্তে ঘুরানো হইতেছে, আর ইহাতে কয়েলের ab -পরিবাহী নীচ হইতে উপরের দিকে উঠিতেছে (দক্ষিণ হস্তের অঙ্গুলী তাহা নির্দেশ করিতেছে); এই অবস্থায় পরিবাহীতে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহ দৃশ্যের দিকে থাকিবে (দক্ষিণ হস্তের মধ্যমা তাহা নির্দেশ করিবে)।



মোটর

(খ) মোটরে চুম্বক-বলের দ্বারা ডান দিকে হইতে বাঁ দিকে যাইতেছে (বাম হস্তের তর্জনী ইহা নির্দেশ করিতেছে), এখন যদি আরম্ভের দিক বামাবর্তে ঘুরাইতে হয়, অর্থাৎ কয়েলের ab -পরিবাহীকে উপরের দিকে উঠাইতে হয় (ইহা বাম হস্তের অঙ্গুলী নির্দেশ করিতেছে), তবে পরিবাহীতে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহ a হইতে b -এর দিকে অর্থাৎ জেনারেটরের বিপরীত দিকে থাকিবে (বাম হস্তের মধ্যমা তাহা নির্দেশ করিবে)।

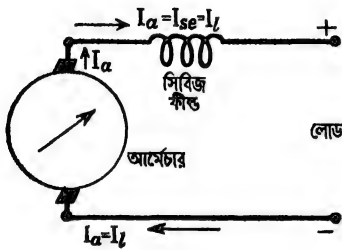
১২৩নং চিত্র

জেনারেটরের ক্ষেত্রে আরম্ভের পরিবাহীতে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ হইতেই তড়িৎ-প্রবাহের সৃষ্টি হয়। সেইজন্য আরম্ভের তড়িৎ-চাপ এবং তড়িৎ-প্রবাহ একই অভিমুখে থাকে, আর পজিটিভ টার্মিনাল দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ জেনারেটর হইতে বাহির হইয়া যায়। কিন্তু মোটরকে চালাইবার জন্য উহার প্রান্তে যে তড়িৎ-চাপ প্রয়োগ করা হয় এবং তাহার ফলে মেসিনের আরম্ভের দিয়া যে তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে, তাহা আসে সরবরাহ লাইন হইতে, অর্থাৎ বাহির হইতে। সেইজন্য মোটরের তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ জেনারেটরের তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখের ঠিক বিপরীত থাকে, আর পজিটিভ টার্মিনাল দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ মোটরে প্রবেশ করে। মোটর চলিতে আরম্ভ করিলে উহার আরম্ভের যে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, তাহা কোন তড়িৎ-প্রবাহ সৃষ্টি করেনা; বরং তাহা আরম্ভের-কারেন্টকে বাধা দেয়। সেইজন্য এই তড়িৎ-চাপকে বলা হয় বিপরীত-মুখী তড়িচ্চালক বল (back e. m. f. or counter e. m. f.)।

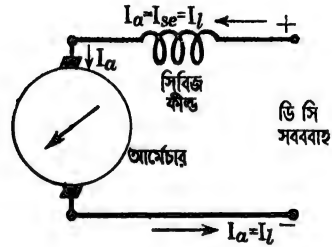
এখন, বিভিন্ন শ্রেণীর জেনারেটরকে মোটর হিসাবে চালাইতে গেলে তাহাদের আরম্ভের কোন দিকে ঘুরিতে পারে, সেই সম্বন্ধে নিয়ে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইতেছে :

(১) সিরিজ জেনারেটরকে মোটর হিসাবে চালনা করা :—

১২৪নং চিত্রে একটি সিরিজ ডাইনামোকে লাইনের সহিত সংযুক্ত করিয়া একবার জেনারেটর হিসাবে কোন এক নির্দিষ্ট দিকে ঘুরানো হইতেছে, আর একবার সরবরাহ লাইন হইতে উহাতে কারেন্ট পাঠানো হইতেছে। মনে কর, জেনারেটর যে-দিকে ঘুরিতেছে তাহাতে (ফ্লেমিং-এর দক্ষিণ হস্ত নিয়ম অনুসারে) উপরের প্রান্ত পজিটিভ আর নীচের প্রান্ত নেগেটিভ হইল। এখন যদি উপরের প্রান্ত দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ বাহির হইতে ঐ মেশিনে প্রবেশ করে, তবে দেখা যাইবে যে, মোটর হিসাবে চালানো হইতে যাওয়ায় মেশিনের আর্মচার ও ফীল্ড উভয়ের মধ্য দিয়াই কারেন্ট বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইতেছে। হুতরায় পরিবর্তনের সংখ্যা দুই হওয়াতে মোটরের আর্মচার জেনারেটরের ত্রায় একই অভিমুখে ঘুরিবার কথা, কিন্তু আর্মচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল (যাহার উপরে মোটরে উৎপাদিত শক্তি নির্ভর করে) জেনারেটরে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের অভিমুখের বিপরীত হওয়াতে প্রকৃত পক্ষে পরিবর্তনের মোট সংখ্যা তিন হয়। ফলে মোটর হিসাবে মেশিন জেনারেটরের ঠিক বিপরীত দিকে ঘোরে।



(ক) সিরিজ জেনারেটর। তড়িৎ-প্রবাহ পজিটিভ টার্মিনাল দিয়া বাহির হইয়া যাইতেছে। কারেন্ট আর্মচার দিয়া নীচ হইতে উপরের দিকে আর্ম ফীল্ড দিয়া ঐ দিক হইতে ডান দিকে যাইতেছে।



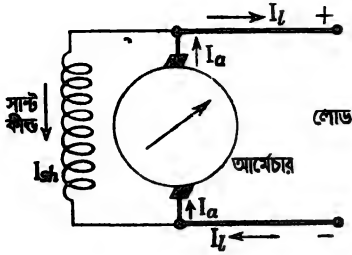
(খ) সিরিজ মোটর। তড়িৎ-প্রবাহ বাহির হইতে পজিটিভ টার্মিনাল দিয়া মেশিনে প্রবেশ করিতেছে। কারেন্ট আর্মচার দিয়া উপর হইতে নীচের দিকে আর ফীল্ড দিয়া ডান দিক হইতে ঐ দিকে যাইতেছে।

১২৪নং চিত্র

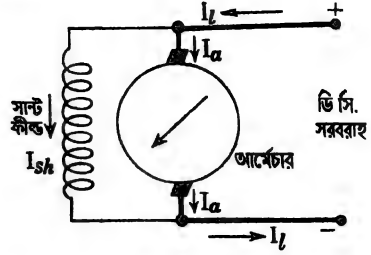
এখন, যদি মোটরকে বিপরীত দিকে ঘুরাইতে হয়, তবে মেশিনের আর্মচার অথবা ফীল্ডের (অর্থাৎ যে-কোন একটির) সংযোগ উল্টা করিয়া দিতে হইবে।

(২) সার্ট জেনারেটরকে মোটর হিসাবে চালনা করা :—

একই সার্ট মেশিনকে জেনারেটর আর মোটর হিসাবে পরিচালনা করিলে আর্মচারের গতিবেগ যে অভিমুখে থাকে, তাহা ১২৪নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।



সাঁট জেনারেটর। তড়িৎ-প্রবাহ পজিটিভ টার্মিনাল দিয়া বাহির হইয়া যাইতেছে, আর্মেচার দিয়া কারেন্ট নীচ হইতে উপরের দিকে আর ফীল্ড দিয়া কারেন্ট উপর হইতে নীচের দিকে প্রবাহিত হইতেছে।



সাঁট মোটর। বাহির হইতে তড়িৎ-প্রবাহ পজিটিভ টার্মিনাল দিয়া মেসিনে প্রবেশ করিতেছে; আর্মেচার এবং ফীল্ড উভয়ের মধ্য দিয়াই কারেন্ট উপর হইতে নীচের দিকে যাইতেছে।

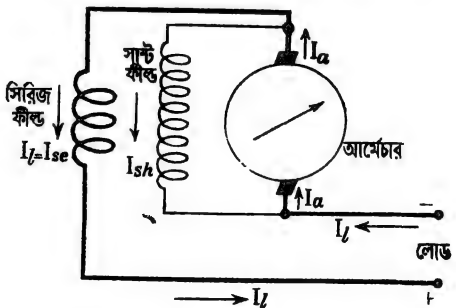
১১৫নং চিত্র

সাঁট মেসিনে বাতির হইতে কারেন্ট দিলে কেবলমাত্র আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত হইবার সময়ই তড়িৎ-প্রবাহ দিক-পরিবর্তন করে, ফীল্ড দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ জেনারেটরের মতই থাকে। সুতরাং এই অবস্থায় আর্মেচারের উল্টা দিকেই ঘুরিবার কথা, কিন্তু মোটরের আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল জেনারেটরে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের বিপরীত দিকে কাজ করে বলিয়া পরিবর্তনের মোট সংখ্যা দুই হয়। সেইজন্য মোটর হিসাবে সাঁট মেসিন জেনারেটরের ন্যায় একই অভিমুখে ঘোরে।

মোটরকে উল্টা দিকে ঘুরাইতে হইলে কেবলমাত্র ব্রাশের সহিত লাইনের সংযোগ উল্টা করিয়া দিলেই চলে। ইহাতে আর্মেচার দিয়া কারেন্ট জেনারেটরের ন্যায় একই দিকে প্রবাহিত হইতে থাকে, আর একমাত্র বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল বিপরীত দিকে কাজ করে বলিয়া পরিবর্তনের মোট সংখ্যা দাঁড়ায় এক। তখন মোটর বিপরীত দিকে ঘোরে।

(৩) কম্পাউণ্ড জেনারেটরকে মোটর হিসাবে চালনা করা :-

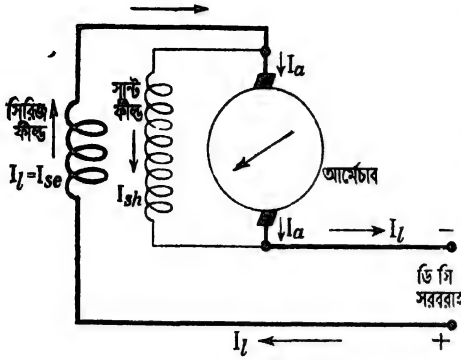
কম্পাউণ্ড জেনারেটরকে মোটর হিসাবে পরিচালনা করার সময় মনে রাখা দরকার, মেসিনের প্রত্যেক পোল-কোরের গায়ে সাঁট ফীল্ড-কয়েল আর সিরিজ ফীল্ড-কয়েল দুই-ই জড়ানো আছে। অতএব যদি কোন কম্পাউণ্ড



১২৬(ক)নং চিত্র

কম্পাউণ্ড জেনারেটর। তড়িৎ-প্রবাহ পজিটিভ টার্মিনাল দিয়া বাহির হইয়া যাইতেছে; আর্মেচার দিয়া কারেন্ট নীচ হইতে উপরের দিকে, আর সাঁট এবং সিরিজ ফীল্ড দিয়া কারেন্ট উপর হইতে নীচের দিকে প্রবাহিত হইতেছে।

জেনারেটরকে বাহিরের সরবরাহ লাইনের সহিত সংযুক্ত করা যায়, তবে উহার আর্মেচার ও সিরিজ ফীল্ড দিয়া কারেন্ট বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইবে, কিন্তু শাট ফীল্ডের তড়িৎ-প্রবাহ কোনরূপ দিক-পরিবর্তন করিবে না, ফলে সিরিজ ফীল্ড শাট ফীল্ডকে



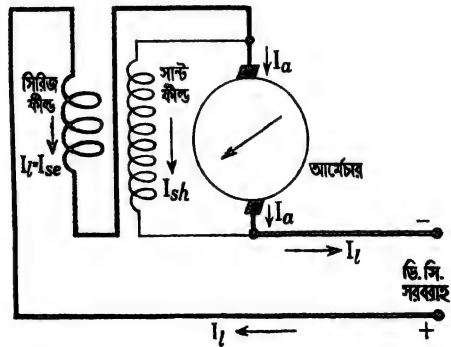
১২৫(খ) নং চিত্র

মেশিনকে সরবরাহ লাইনের সহিত সংযুক্ত করার ফলে আর্মেচার এবং সিরিজ ফীল্ড দিয়া কারেন্ট বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইতেছে, কিন্তু শাট ফীল্ড দিয়া কারেন্ট ১২৫(ক)-এর মতই উপর হইতে নীচে দিকে বাইতেছে। এই অবস্থায় মেশিন ডিকারেন্টাল কম্পাউন্ড মোটর হিসাবে জেনারেটরের জায় একই অভিমুখে ঘুরিবে।

বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল বিপরীত দিকে কাজ করিবে, অর্থাৎ পরিবর্তনের মোট সংখ্যা দুই হইবে। স্বতরাং জেনারেটর হিসাবে মেশিনের আর্মেচার বেষ্টিকে ঘুরিতেছিল, মোটর হিসাবেও সেই একই দিকেই ঘুরিবে। ১২৬নং চিত্রের বিভিন্ন নক্সাতে ইহা দেখানো হইয়াছে।

এখন, যদি মোটরকে বিপরীত দিকে ঘুরাইতে হয়, তবে উহার আর্মেচারের সংযোগ উল্টা করিয়া দিতে হইবে। মোটরে ইটার পোল থাকিলে তাহাদের সংযোগও আর্মেচারের সহিত একত্রেই পরিবর্তন করিতে হইবে।

বাধা দিতে থাকিবে এবং মেশিনটি ডিকারেন্টাল মোটর হিসাবে চলিতে আরম্ভ করিবে। যদি মেশিনকে কিউমিউলেটভ কম্পাউন্ড মোটর হিসাবে চালাইতে হয়, তবে লাইনের সহিত সংযুক্ত করিবার সময়েই উহার সিরিজ ফীল্ডের কয়েলগুলির সংযোগ উল্টা করিয়া দিতে হইবে যাহাতে সিরিজ এবং শাট ফীল্ড উভয়ের মধ্যেই তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ অপরিবর্তিত থাকে, আর একটি ফীল্ড অপরটিকে সাহায্য করিতে পারে। এই অবস্থায় মেশিনের আর্মেচার-কারেন্ট এবং আর্মেচারে আবিষ্ট



১২৬(গ) নং চিত্র

সরবরাহ লাইনের সহিত সংযুক্ত করিবার পর মেশিনের সিরিজ ফীল্ডের সংযোগ উল্টা করিয়া বেগরা হইয়াছে; এই অবস্থায় মেশিন ডিউমিলেটভ কম্পাউন্ড মোটর হিসাবে ১২৬(ক)-এর জায় একই অভিমুখে ঘুরিবে।

৬-১২। ডি. সি. মেশিনকে উভয় দিকে পরিচালনা করা

যদিও মূলনীতি অনুসারে যে-কোন ডি. সি. মেশিনকে জেনারেটর কিংবা মোটর হিসাবে ব্যবহার করা যাইতে পারে, কিন্তু অনেক মেশিনকে যে-কোন অভিমুখে ঘুরানো সম্ভব হয় না। যে-সকল মেশিন জেনারেটর হিসাবে ব্যবহার করিবার জন্য তৈরী করা হয়, তাহাদের ইঞ্জিনের সাহায্যে চালানো হয় বলিয়া এক বিশেষ দিকের অভিমুখে ঘুরাইবার পক্ষে উপযুক্ত করিয়া ব্রাশ-হোল্ডারকে বাঁকাভাবে বসানো হয়। ইহাতে আর্মেচার ঘুরিবার সময় ব্রাশের সরু প্রান্তের তলা দিয়া কম্যুটেটার-সেগমেন্টগুলি আবর্তনের অভিমুখে সহজেই বাহির হইয়া যায়। কিন্তু মেশিনকে উভয় দিকে ঘুরাইতে হইলে ব্রাশ-হোল্ডারকে খাড়াভাবে বসাইবার পক্ষে উপযুক্ত করিয়া তৈরী করিতে হয়। ইহাকে ইংরাজিতে "রেডিয়াল ব্রাশ" (Radial Brush) বলে। ১২৭নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলেই এই দুই প্রকার ব্রাশ-হোল্ডারের পার্থক্য সহজে বুঝিতে পারিবে।



১২৭(ক)নং চিত্র



১২৭(খ)নং চিত্র

ব্রাশ-হোল্ডার এমনভাবে তৈরী করা আর বাঁকাভাবে বসানো যাহাতে মেশিনের আর্মেচার কেবলমাত্র বামাবর্তে ঘুরিতে পারে। যদি আর্মেচারকে উল্টা দিকে ঘুরাইবার চেষ্টা করা হয়, তবে দুই দুই কম্যুটেটার-সেগমেন্টের মধ্যস্থিত অঙ্গের অন্তরগে কোন উঁচু অংশ থাকিলে তাহাতে ব্রাশের প্রান্ত ভাগ আটকাইয়া গিয়া ব্রাশের মাথা ভাঙিয়া যাইতে পারে। বাঁকাভাবে বসানো ব্রাশ-হোল্ডার কেবলমাত্র জেনারেটরেই ব্যবহার করা চলে, আর ইঞ্জিনের সাহায্যে জেনারেটরকে সর্বদা একই দিকে ঘুরাইতে হয়।

ব্রাশ-হোল্ডার খাড়াভাবে বসাইবার পক্ষে উপযোগী করিয়া তৈরী যাহাতে মেশিনের আর্মেচার প্রয়োজনমত যে-কোন দিকে ঘুরিতে পারে। কাজের সুবিধার জন্য মোটরকে যে-কোন দিকে ঘুরানো প্রয়োজন হয় বলিয়া যে-সকল মেশিন প্রধানতঃ মোটর হিসাবে ব্যবহৃত হয়, তাহাদের ব্রাশ-হোল্ডার এইরূপ খাড়াভাবে বসাইবার পক্ষে উপযোগী করিয়া তৈরী করা থাকে।

উদাহরণ ৬-২৫। একটি সার্কিট জেনারেটর ১০০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপে ১০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করিবার সময় প্রতি মিনিটে ১২০০ পাক ঘোরে। আর্মেচারের রোধ ০.০৩৫ ওম এবং সার্কিট কীন্ডের রোধ ৫০ ওম। ঐ মেসিন যদি ১০০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ১০২ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া মোটর হিসাবে চলিতে আরম্ভ করে, তবে উহার গতিবেগ কত হইবে?

যখন মেসিন জেনারেটর হিসাবে চলে, তখন

$$V = ১০০ \text{ ভোল্ট}, I_f = ১০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার এবং } N_1 = \text{প্রতি মিনিটে } ১২০০ \text{ পাক।}$$

$$\text{মেসিনের } R_a = ০.০৩৫ \text{ ওম এবং } R_{sh} = ৫০ \text{ ওম।}$$

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{১০০}{৫০} = ২০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_a = I_f + I_{sh} = ১০০ + ২ = ১০২ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\therefore E = V + I_a R_a = ১০০ + ১০২ \times ০.০৩৫ \\ = ১০৩.৫৭ \text{ ভোল্ট।}$$

$$\text{কিন্তু } E \propto N_1,$$

$$\text{অতএব } ১০৩.৫৭ \text{ ভোল্ট} \propto \text{প্রতি মিনিটে } ১২০০ \text{ পাক} \quad (১)$$

যখন মেসিন মোটর হিসাবে চলে, তখন

$$V = ১০০ \text{ ভোল্ট এবং } I_f = ১০২ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{১০০}{৫০} = ২০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_a = I_f - I_{sh} = ১০২ - ২ = ১০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\therefore E_b = V - I_a R_a = ১০০ - ১০০ \times ০.০৩৫ = ৯৬.৫ \text{ ভোল্ট।}$$

$$\text{যদি মোটরের গতিবেগ প্রতি মিনিটে } N_2 \text{ পাক হয়, তবে } E_b \propto N_2।$$

$$\text{অতএব } ৯৬.৫ \text{ ভোল্ট} \propto N_2 \quad (২)$$

এখন, (১) ও (২) সমীকরণ হইতে

$$\frac{৯৬.৫}{১০৩.৫৭} = \frac{N_2}{১২০০},$$

$$\therefore N_2 = \frac{১২০০ \times ৯৬.৫}{১০৩.৫৭} = ১১১৯ \text{ পাক (প্রতি মিনিটে)।}$$

উদাহরণ ৬-২৬। বেটের সাহায্যে প্রাইম মুভারের সহিত যুক্ত থাকিয়া একটি সার্কিট জেনারেটর যখন প্রতি মিনিটে ৩০০ পাক আবর্তিত হয়, তখন উহা ২২০-ভোল্ট বাস-বারে ১০০ কিলোওয়াট তড়িৎ শক্তি সরবরাহ করে। বেট হিঁড়িয়া যাওয়াতে ঐ জেনারেটর এখন বাস-বার হইতে ১০ কিলোওয়াট তড়িৎ শক্তি গ্রহণ করিয়া মোটর হিসাবে চলিতে আরম্ভ করিল। এই অবস্থায় মেসিনের গতিবেগ কত হইবে, তাহা নির্ণয় কর। আর্মেচারের রোধ ০.০২৫ ওম, সার্কিট কীন্ডের রোধ ৬০ ওম এবং প্রতি ত্রাশের সংযোগস্থলে তড়িৎ-চাপের পতন ১ ভোল্ট। আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া নগণ্য।

এখানে

$$R_a = ০.০২৫ \text{ ওম,}$$

$$R_{sh} = ৬০ \text{ ওম,}$$

$$V = ২২০ \text{ ভোল্ট,}$$

এবং ব্রাশে তড়িৎ-চাপের মোট ঘাটতি = $1 \times 2 = 2$ ভোল্ট ।

মেশিন যখন জেনারেটর হিসাবে চলে, তখন

আউটপুট = ১০০ কিলোওয়াট এবং N_1 = প্রতি মিনিটে ৩০০ পাক ।

$$\therefore 100 = \frac{V \times I_L}{1000},$$

$$\text{অথবা } I_L = \frac{100 \times 1000}{V} = \frac{100 \times 1000}{220} = 858.5 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{220}{30} = 7.3 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_a = I_L + I_{sh} = 858.5 + 7.3 = 865.8 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\therefore E = V + I_a R_a + \text{ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি} \\ = 220 + 865.8 \times 0.025 + 2 = 237.6 \text{ ভোল্ট।}$$

$$\text{কিন্তু } E \propto N_1,$$

$$\text{অতএব } 237.6 \text{ ভোল্ট} \propto \text{প্রতি মিনিটে } 300 \text{ পাক} \quad (1),$$

যখন মেশিন মোটর হিসাবে চলে, তখন

ইনপুট = ১০ কিলোওয়াট ।

$$\therefore 10 = \frac{V \times I_L}{1000},$$

$$\text{অথবা } I_L = \frac{10 \times 1000}{V} = \frac{10 \times 1000}{220} = 45.45 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{220}{30} = 7.3 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_a = I_L - I_{sh} = 45.45 - 7.3 = 38.15 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\therefore E_b = V - I_a R_a - \text{ব্রাশে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি} \\ = 220 - 38.15 \times 0.025 - 2 = 217.2 \text{ ভোল্ট।}$$

মোটরের গতিবেগ যদি প্রতি মিনিটে N_2 পাক হয়, তবে $E_b \propto N_2$ ।

$$\text{অতএব } 217.2 \text{ ভোল্ট} \propto N_2 \quad \dots \quad (2)$$

এখন, (১) ও (২) সমীকরণ দুইটি হইতে

$$\frac{217.2}{237.6} = \frac{N_2}{300},$$

$$\therefore N_2 = \frac{217.2 \times 300}{237.6} = 275 \text{ পাক (প্রতি মিনিটে)।}$$

৬-১৩। ডি. সি. মোটর চালু করা (Starting of D. C. Motors)

চালু করিবার সময় একটি ডি. সি. মোটর যখন নিশ্চল অবস্থায় থাকে, তখন উহার আর্মেচারে বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল কিছুমাত্র আবিষ্ট হয় না। কিন্তু স্বইচ

যারিলেই মোটরের টার্মিনালে পূরা লাইন-ভোল্টেজ কাজ করিতে আরম্ভ করে, আর যে-কোন মোটরের আর্মেচারের রোধ খুব কম থাকে বলিয়া তড়িৎ-প্রবাহ তখন অত্যধিক পরিমাণে আর্মেচারে প্রবেশ করিতে উদ্ভূত হয়। এই তড়িৎ-প্রবাহ, মোটর পূরা লোডসহ চলিবার সময় যে-পরিমাণ কারেন্ট গ্রহণ করে, তাহা অপেক্ষা বহুগুণ বেশী। অতএব মেন সুইচের ফিউজ-তার যদি জ্বলিয়া না যায়, কিংবা সার্কিট ব্রেকারের হাতল যদি খুলিয়া না পড়ে, তবে এমন অবস্থায় মোটরের ব্রাশ, কম্যুটেটার এবং আর্মেচারের কয়েলসমূহ মুহূর্তের মধ্যে পুড়িয়া যাইবে। সুতরাং এইরূপ অবস্থা মোটর চালু করার পক্ষে কোন রকমেই উপযুক্ত বলিয়া বিবেচিত হইতে পারে না।

চালু করিবার সময় মোটরের মধ্যে তড়িৎ-প্রবাহ যাহার দ্বারা বাধা পায়, তাহা একমাত্র আর্মেচারের রোধ। অতএব এই সময় যদি কেবলমাত্র আর্মেচার-সার্কিটের রোধ বৃদ্ধি করা যায়, তবেই তড়িৎ-প্রবাহের মান নিরাপদ সীমার মধ্যে রাখা যাইতে পারে। এই কারণেই কোন মোটর চালু করিবার আগে আর্মেচারের সহিত সিরিজ্জে একটি পরিবর্তনশীল রোধক (a variable resistor) সংযুক্ত করা হয়। পরা লোড-সহ চলিবার সময় মোটর যে-পরিমাণ কারেন্ট গ্রহণ করে, চালু করার মুহূর্তে পরিবর্তনশীল রোধক তড়িৎ-প্রবাহকে তাহার দেউগুণ হইতে দুইগুণের বেশী বৃদ্ধি পাইতে দেয় না, ফলে মোটরটি নিরাপদেই চালু হইতে পারে। পরিবর্তনশীল এই রোধককেই মোটরের “স্টার্টার” (Starter) বলে।

চালু হওয়ার পরে মোটরের গতিবেগ আর সেই সঙ্গে আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ যত বৃদ্ধি পাইতে থাকে, আর্মেচার-সার্কিট হইতে স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স ক্রমশঃ ততই বাদ দিতে হয়। নতুবা মোটর থামিয়া যাওয়ার আশঙ্কা দেখা দেয়। অবশেষে মোটর যখন উহার নির্দিষ্ট গতিবেগে চলিতে আরম্ভ করে, তখন স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স পূরাপুরি আর্মেচার-সার্কিটের বাহিরে রাখা থাকে।

একটি ‘ডি. সি. মোটর চালু করা সম্বন্ধে উপরে এতক্ষণ যাহা সংক্ষেপে বলা হইল, নীচে আবার তাহাই এখন বিশদভাবে ব্যাখ্যা করা হইতেছে :

কোন ডি. সি. মোটরের আর্মেচার দিয়া যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাহার পরিমাণ নির্ভর করে লাইন-ভোল্টেজ (V), আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল (E_b), আর আর্মেচারের (অথবা আর্মেচার ও সিরিজ ফীল্ডের সমবেত) রোধ (R_a অথবা $R_a + R_s$)-এর উপর, অর্থাৎ—

$$I_a = \frac{V - E_b}{R_a} \quad \text{অথবা} \quad \frac{V - E_b}{R_a + R_s} \quad \text{অ্যাম্পিয়ার।}$$

মোটরে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপের পরিমাণ শতকরা ৯০ ভাগের মত হয়; সুতরাং ($V - E_b$)-এর পরিমাণ লাইন-ভোল্টেজের শতকরা দশভাগ আন্বাজ হইয়া থাকে। এই দশভাগ চাপের বেশেই মোটর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হয়; অর্থাৎ এই দশভাগ চাপকে আর্মেচার কিংবা আর্মেচার ও সিরিজ ফীল্ডের সমবেত রেজিস্ট্যান্স দিয়া ভাগ করিলে যত হয়, তত অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত হইতে থাকে।

ইহা মোটর চলিতে থাকার সময়কার অবস্থা। কিন্তু চালু করার সময় মোটর যখন স্থির অবস্থায় থাকে, তখন উহার আর্মেচারে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ কিছুমাত্র আবিষ্ট হয় না; ফলে তখন $E_b = 0$ থাকে। যদি এমন অবস্থায় মোটর চালাইবার জন্য সুইচ মারা যায়, তবে সেই মুহূর্তে আর্মেচার দিয়া যে কারেন্ট প্রবাহিত হইবে, তাহার পরিমাণ $\frac{V}{R_a}$ অথবা $\frac{V}{R_a + R_s}$ অ্যাম্পিয়ার হইবে। শার্ট মোটরের আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স কিংবা সিরিজ আর কম্পাউণ্ড মোটরের আর্মেচার ও সিরিজ ফীল্ডের সমবেত রেজিস্ট্যান্স খুবই কম। মোটর যত বড় হয়, উহার রেজিস্ট্যান্সও ততই কম থাকে। সুতরাং এই অবস্থায় আর্মেচার দিয়া যে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হইবে, তাহা মোটরের পূর্বা লোড-কারেন্ট অপেক্ষা বহুগুণ বেশী হইবে। এত বেশী কারেন্ট আর্মেচারেব কলেল সহ্য করিতে পারিবে না, তাই মুহূর্তের মধ্যে আর্মেচার পুড়িয়া যাইবে।

অতএব দেখা যাইতেছে যে, চালু করিবার সময় আর্মেচারে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট থাকে না বলিয়াই মোটর পুড়িয়া যাওয়ার সম্ভাবনা উপস্থিত হয়। এই অবস্থার প্রতিকারের জন্য তখন আর্মেচারের সহিত এমন একটি অতিরিক্ত রেজিস্ট্যান্স সিরিজে যোগ করিয়া দিতে হয়, যাহার মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে গেলে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপের সমপরিমাণ চাপের ঘাটতি হইতে পাবে; অর্থাৎ তখন

$$I_a = \frac{V - I_a R}{R_a} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হইলে তবেই মোটর চালু করা সম্ভব হয়। এখানে R -দ্বারা অতিরিক্ত রেজিস্ট্যান্সকে বুঝানো হইয়াছে। এই অতিরিক্ত রেজিস্ট্যান্স, যাহা মোটর চালু করিবার সময় আর্মেচারের সহিত সিরিজে যোগ করা হয়, তাহাকেই ইংরেজিতে “স্টার্টার” বলে।

স্টার্টার সিরিজে যোগ করিয়া দিলেই কিছু সকল সমস্যার সমাধান হইয়া যায় না। মোটর চলিতে আবস্ত করিলেই আর্মেচারেব পরিবাহীসমূহ চুম্বক বলরেখা কর্তন করিতে থাকে, আব তাহাতে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপের সৃষ্টি হয়। এই সময়

$$I_a = \frac{V - (I_a R + E_b)}{R_a} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হয় বলিয়া আর্মেচার দিয়া তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ বড় বেশী কমিয়া যায়। যদি তখন সমবেত চাপের ঘাটতি $[\text{অর্থাৎ } (I_a R + E_b)]$ কিছু কম করা না হয়, তবে মোটর চলিতে পাবে না। অতএব এই সময় যাহাতে আর্মেচার দিয়া কারেন্ট উপযুক্ত পরিমাণে প্রবাহিত হইতে পারে, সেইজন্য অতিরিক্ত রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ একটু কম করিতে হয়। R -কে কমাইয়া দিলেই পূর্বাপেক্ষা বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হইতে থাকে, ফলে মোটরের গতিবেগ আর একটু বৃদ্ধি পায়। কিন্তু গতিবেগ একটু বৃদ্ধি পাইলে সেই সঙ্গে E_b আবার একটু বাড়ি, কারণ

$$E_b \propto N \text{ (N-দ্বারা মোটরের গতিবেগ বুঝানো হইয়াছে),}$$

আর E, বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে সমবেত তড়িৎ-চাপের ঘাটতি পুনরায় বৃদ্ধি পায় ; ফলে আর্মেচার-কারেন্ট আবার বড় বেশী কমিয়া যায়। কাজেই R-কে আবার আরও একটু কমাইতে হয়। তখন কারেন্ট বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য মোটর আবার আরও একটু জোরে চলিতে থাকে।

এইভাবে প্রতিবারে একটু একটু করিয়া উপযুক্তমত স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স কমাইয়া দিলে মোটরের আর্মেচারও একটু একটু করিয়া বেশী জোরে ঘুরিতে আরম্ভ করে। যখন অতিরিক্ত রেজিস্ট্যান্সের সমস্তটা বাদ পড়ে, তখন মোটর উহার নির্দিষ্ট গতিবেগে চলিতে থাকে বলিয়া বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ পূরা মাত্রায় আর্মেচারে আবিষ্ট হয় ; ফলে আর্মেচারের পরিবাহী দিয়া কারেন্টও উপযুক্ত পরিমাণে প্রবাহিত হইতে থাকে। ডি. সি. মোটর চালু করিবার ইহাই প্রচলিত পদ্ধতি।

এই প্রসঙ্গে যে-কথাটি মনে জাগিতে পারে তাহা এই যে, মোটর চালু করিবার সময় আর্মেচার-কারেন্টকে কতদূর পর্যন্তই বা বেশী হইতে দেওয়া নিরাপদ, আর কতদূর পর্যন্তই বা তাহা কমিতে দেওয়া চলে। এখন মনে রাখা প্রয়োজন যে, যদিও কোন পরিবাহী দিয়া অধিক পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হইলে তাহা পুড়িয়া যায়, কিন্তু সেই তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ পরিবাহীর সাধারণ বহন-ক্ষমতার বহুগুণ বেশী হওয়া দরকার। পরিবাহী দিয়া তড়িৎ-প্রবাহের ফলে তাপ উৎপন্ন হয়, সেই তাপ পরিবাহীব উত্তাপ বৃদ্ধি করে, ফলে সেই উত্তাপ পরিবাহীর ধাতুর গলন-উত্তাপে (melting temperature) পৌছায়, তখন পরিবাহী পুড়িয়া যায়। অতএব অল্প সময়ের জন্য কোন পরিবাহী বা তার দিয়া কিছু বেশী কারেন্ট স্বচ্ছন্দে পাঠানো চলে, বিশেষতঃ সেই কারেন্ট যদি কেবলমাত্র দুই এক সেকেন্ড সময়ের জন্য প্রবাহিত হয়। এই কারণে স্টার্টারের তারের অংশের রেজিস্ট্যান্স এমন হিসাব করিয়া দেওয়া থাকে যাহাতে মোটর চালু করিবার সময় (during the starting period) আর্মেচার দিয়া যে তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তাহার পরিমাণ পূরা লোড-কারেন্ট (full load-current) হইতে স্বল্প করিয়া সেই কারেন্টের দেড়গুণ হইতে দুইগুণ পর্যন্ত বৃদ্ধি পাইতে পারে ; অর্থাৎ চালু করিবার সময় আর্মেচার-কারেন্ট, পূবা লোডসহ চলিবার সময় মোটর যে পরিমাণ কারেন্ট গ্রহণ করে, একবার তাহার দেড়গুণ হইতে দুইগুণ পর্যন্ত ওঠে, পুনরায় আস্তে আস্তে পূরা লোডের কারেন্ট পর্যন্ত নামিয়া আসে। এই সময়ের মধ্যে মোটরের গতিবেগ বৃদ্ধি পায় বলিয়া বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ বাড়ে, আর সেইজন্যই আর্মেচার-কারেন্ট কমিয়া পূরা লোড-কারেন্টের সমান হয়। আর্মেচার কারেন্টের পরিমাণ সর্বনিম্ন হইলে তখন স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্সের কিছু অংশ বাদ দেওয়া হয়, সঙ্গে সঙ্গে কারেন্ট আবার বৃদ্ধি পাইয়া উচ্চতম সীমায় ওঠে। কারেন্ট বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য মোটর আরও একটু জোরে ঘুরিতে আরম্ভ করে। ফলে E, আরও বৃদ্ধি পায়, তখন কারেন্ট আবার নিম্নতম সীমায় নামিয়া আসে। যতক্ষণ পর্যন্ত স্টার্টারের সমস্ত রেজিস্ট্যান্স কাটা হইয়া না যায়, ততক্ষণ পর্যন্ত এইরকমই চলিতে থাকে। যখন স্টার্টারের সমস্ত রেজিস্ট্যান্স বাদ পড়ে, তখন আর্মেচারে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ পূরা মাত্রায় আবিষ্ট হয় ; ফলে আর্মেচার দিয়া

কারেন্ট উপযুক্ত পরিমাণে প্রবাহিত হইতে পারে, আর সেই সঙ্গে মোটরও উহার নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘূর্ণিতে আরম্ভ করে। এই অবস্থায় মোটর চালু করার কাজ শেষ হয়।

মোটর চালু করিতে কতক্ষণ সময় লাগা উচিত

একটি মোটর চালু করিতে যত সময় লাগা উচিত, তাহা নির্ভর করে মোটরের লোড আর আকারের (অর্থাৎ অশ্ব-শক্তির) উপর। যদি মোটরকে অধিক পরিমাণ লোডসহ চালু করিতে হয়, কিংবা যদি বড় মোটর হয়, তবে সেই মোটরকে চালু করিতে কিছু বেশী সময় দেওয়া উচিত। কিন্তু যদি ছোট মোটর হয়, কিংবা চালু করিবার সময় লোডের পরিমাণ খুব কম থাকে অথবা লোড একেবারেই না থাকে, তবে অল্প সময়ের মধ্যেই মোটরকে চালু করা যাইতে পারে। এই বিষয়ে যে নিয়ম সাধারণভাবে কার্যক্ষেত্রে অনুসরণ করা হয়, তাহার একটা মোটামুটি হিসাব নিয়ে দেওয়া হইল :—

যদি চালু করিবার সময় মোটরকে পূরা লোডের উপযুক্ত ঘূর্ণক উৎপাদন করিতে হয়, তবে তাহাতে যে পরিমাণ সময় লাগা উচিত তাহা মোটরের অশ্ব-শক্তি $\times \frac{1}{2}$ সেকেন্ড + ৫ সেকেন্ড, এই হিসাবে ধরা হইয়া থাকে : অর্থাৎ একটি ১০ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন মোটরকে যদি পূরা লোডসহ চালু করিতে হয়, তবে ঐ কাজে $10 \times \frac{1}{2} + 5 = 10$ সেকেন্ড সময় লাগা উচিত। যদি ইহা অপেক্ষা কম সময়ে মোটরটি চালু করা হয়, তবে (পোল-কোরে চুম্বক উৎপন্ন হইতে কিছু সময় লাগে বলিয়া) চুম্বকক্ষেত্রে উপযুক্ত সংখ্যক বলরেখা উৎপন্ন হইবার পূর্বেই মোটরের আর্মচার-সার্কিটে পূরা লাইন-ভোল্টেজ কাজ করিতে থাকিবে, ফলে মোটরটি অতিরিক্ত জোরে ঘুরিতে আরম্ভ করিবে। একটি ৫ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন মোটরের পোল-কোরে পূরা চুম্বক-শক্তি উৎপন্ন হইতে তিন হইতে চারি সেকেন্ড আন্দাজ সময় লাগে, সেইরূপ, একটি ১৫ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন মোটরের ১৫ সেকেন্ড আন্দাজ সময়ের দরকার হয়। অত্যাধিক, যদি আবীর অতিশয় ধীরে ধীরে মোটর চালু করা যায়, তবে স্টার্টারের কয়েলগুলি অতিরিক্ত গরম হইয়া পুড়িয়া যাইতে পর্যন্ত পারে। তাহা ছাড়া, স্টার্টারের হাতল এক-একটি বোতামের উপর দিয়া গেলে মোটর এক-একটি নির্দিষ্ট গতিবেগে চলিতে থাকে ; স্ততরাং মোটর নির্দিষ্ট গতিবেগে চলিতে আরম্ভ করার পরেও স্টার্টারের হাতলকে সেই বোতামের (stud) উপর ধরিয়া রাখার কোন অর্থ হয় না।

খুব ছোট ছোট মোটর সাধারণতঃ স্টার্টারের সাহায্য ছাড়াই চালু করা হয়। সেক্ষেত্রে কেবলমাত্র সুইচের দ্বারা মোটরটি সরবরাহ লাইনের সহিত যুক্ত থাকে। আজকাল কোন কোন প্রস্তুতকারক ৭.৫ অশ্ব-শক্তি পর্যন্ত ক্ষমতাসম্পন্ন মোটর যাহাতে স্টার্টার না দিয়া সরাসরি সরবরাহ লাইনে সংযুক্ত করিয়া চালানো যায়, সেইমত উপযুক্ত করিয়া তৈরী করে। তবে মোটরের ক্ষমতা এক অশ্ব-শক্তি অপেক্ষা বেশী হইলেই অধিকাংশ ক্ষেত্রে স্টার্টার ব্যবহার করিতে দেখা যায়।

(১) স্টার্টারের ভিন্ন ভিন্ন অংশ (Different Parts of a Starter)

স্টার্টার প্রধানত: এমন একটি রেজিস্ট্যান্স লইয়া গঠিত, যাহা কম-বেশী করা চলে (a variable resistance) ; কিন্তু ইহা ছাড়াও স্টার্টারে অন্যান্য অংশ আছে। এই সকল অংশের সংক্ষিপ্ত বিবরণ নিম্নে দেওয়া হইল :—

স্টার্টার বলিতে একটি বায়ু বুঝায় যাহার ভিতরে কম-বেশী করা যায় এইরূপ একটি রেজিস্ট্যান্স বা রোধক থাকে। বায়ুর চাপার (cover) উপরে কতকগুলি পিতলের বোতাম বা চাকতি (buttons or studs), কিংবা পিতল বা তামার সেগমেন্ট (segments) বা টুকরা থাকে। এই বোতাম বা সেগমেন্টগুলিকে পরস্পরের কাছ হইতে একটু দূরে দূরে বসানো হয়। পাশাপাশি অবস্থিত দুইটি বোতামের মধ্যে দূরত্ব এমন হওয়া প্রয়োজন যাহাতে তাহাদের উপর দিয়া যে হাতল ঘোরে, সেই হাতলের অগ্রভাগের একটি কোণ যখন কোন একটি বোতাম স্পর্শ করে, তখন হাতলের অপর কোণ যেন পাশের বোতামের উপর একটু লাগিয়া থাকে, অর্থাৎ হাতলের অগ্রভাগে “কন্টাক্ট” (contact) যতটা চওড়া, পাশাপাশি অবস্থিত দুইটি বোতামের মধ্যের ফাঁক তাহা অপেক্ষা যেন একটু কম চওড়া হয়। এই বোতামগুলির ভিতর-পীঠের সঙ্গে, এক-একবারে স্টার্টারের যতটা করিয়া রেজিস্ট্যান্স আরম্ভের-সারকিট হইতে বাদ পড়ে, ততটা রেজিস্ট্যান্স সংযুক্ত থাকে। একটি করিয়া তারের সাহায্যে প্রতিটি বোতাম ও রেজিস্ট্যান্সের মধ্যে সংযোগ সাধিত হয়। ইহা ছাড়া আর একটি বাড়তি বোতাম বা সেগমেন্ট সকলের বাঁ দিকে থাকে যাহার উপরে হাতল থাকিলে স্টার্টারে কারেন্ট আগা বন্ধ হইয়া যায়, কারণ সেই বোতামের সহিত সরবরাহ লাইনের কোন সংযোগ থাকে না। মোটর যখন না চলে, তখন হাতল এই বোতামের উপরে থাকে। যে চাপার উপরে স্টার্টারের সকল অংশ বসানো থাকে, তাহা স্নেট-পাথর, কিংবা ‘এবনাইট’ (ebonyte), কিংবা অন্য কোন অপরিবাহী পদার্থের দ্বারা তৈরী। হাতলের কীলকের (pivot) দিকে একটি স্প্রিং এমনভাবে উহার সহিত লাগানো থাকে যে, হাতলকে বাঁ দিক হইতে ডান দিকে যতই সরাইয়া দেওয়া যায়, ততই স্প্রিং জড়াইতে থাকে, ফলে যেখান হইতেই হাতলকে ছাড়িয়া দেওয়া হউক না কেন, স্প্রিংয়ের আকর্ষণে উহা বাঁ দিকের সব-শেষ বোতামের উপরে ফিবিয়া আসিবেই। বাঁ দিকের এই সব-শেষ বোতামকে ইংরাজিতে “অফ্ পজিশন্” (off-position) বা “জিরো পজিশন্” (zero-position) (বাংলায়, খোলা-অবস্থান) আর ডান দিকের সব-শেষ বোতামকে “অন পজিশন্” (on-position) (বাংলায়, চালু-অবস্থান) বলে। মোটরের চলন্ত অবস্থায় ডান দিকের এই সব-শেষ বোতামের উপরেই হাতল অবস্থান করে।

হাতলের স্প্রিং স্টার্টারের এক অপরিহার্য অংশ। যদি স্প্রিং না থাকিত, তবে হাতলকে যেখানে ছাড়িয়া দেওয়া যাইত, সেখানেই থাকিত। কিন্তু স্প্রিং থাকাতো তাহা হয় না। ছাড়িয়া দেওয়া মাত্রই হাতল একেবারে বাঁ দিকের সব-শেষ

বোতামের উপর কিরিয়া আসে। যিনি মোটর চালু করেন, তাঁহার ভুলের জন্য যাহাতে মোটরের কোনরূপ ক্ষতি হইতে না পারে, সেইজন্যই এইরূপ বন্দোবস্ত করা থাকে। মোটর চালু করিতে গেলেই আর্মচারের সহিত স্টাটারের সমস্ত রেলকন্টাক্স সিরিজে যোগ করিতে হয়। যদি হাতলে স্প্রিং দেওয়া না থাকে, তবে মোটর বন্ধ করিবার পরে স্টাটারের হাতলকে ঘুরাইয়া খোলা-অবস্থানে (off-position) না আনিলে, কিংবা পরে আবার যখনই মোটরকে চালু করিতে হয়, তখন আগে স্টাটারের হাতলকে খোলা-অবস্থানে আনিয়া পরে সুইচ না মারিলে, আর্মচার পুড়িয়া যাইতে পারে। কিন্তু মোটর চালু করিতে গিয়া যদি এই কাজের কথা চালকের মনে না থাকে, তবে মোটরের ক্ষতি হওয়ার সম্ভাবনা দেখা দেয়। যাহাতে কিছুতেই এইরূপ ভুল না হইতে পারে, সেইজন্যই স্টাটারে স্প্রিং ব্যবহারের প্রথা প্রবর্তন করা হইয়াছে। স্প্রিং থাকার জন্য যখনই মোটর বন্ধ হয়, তখনই হাতল আপনা হইতে খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে। কিন্তু ইহাতে আবার অল্প এক জটিলতার উৎপত্তি হয় মোটর যতক্ষণ চলিতে থাকে, ততক্ষণ যদি ডানদিকের সব-শেষ বোতামের উপরে (অর্থাৎ অনু পজিশনে) স্টাটারের হাতলকে চাপিয়া ধরিয়া টেক হাঁড়াইয়া না থাকে, তবে স্প্রিংয়ের আকর্ষণে হাতল খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসিবে, ফলে সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগও বিচ্ছিন্ন হইয়া যাইবে। কাষক্ষেত্রে অবশ্য এই প্রকার পরিস্থিতিব উদ্ভব কখনও হয় না, কারণ এই অস্থবিধাব বিহিত স্টাটারের ভিতরেই করা থাকে।

স্টাটারে যে-সকল বোতাম বা সেগ্‌মেন্ট ব্যবহার করা হয়, তাহাদের ডানদিকের সব-শেষ বোতামের পাশেই একটি নরম লোহার (soft-iron) তড়িৎ-চুম্বক থাকে। এই চুম্বকের কয়েল দিয়া যে তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তাহা স্টাটারের প্রথম বোতাম (সরবরাহ লাইনের সহিত সংযোগ যে বোতাম হইতে শুরু হয়) দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের একটা অংশ। ফলে যে-মুহূর্তে মোটর চলিতে আরম্ভ করে, সেই মুহূর্ত হইতে এই তড়িৎ-চুম্বক উত্তেজিত (energised) হইয়া থাকে। এদিকে হাতলের গায়ে এক টুকরা লোহা এমনভাবে লাগানো থাকে যাহাতে হাতল ডানদিকের সব-শেষ বোতামের উপর আসিলেই লোহা সেই তড়িৎ-চুম্বকের পোলের গায়ে ঠেকিয়া যায়। তখন চুম্বক লোহাকে আকর্ষণ করে এবং লোহাস্থক হাতলকে টানিয়া ধরে। চুম্বকের এত জোর থাকে যে, তাহা হাতলকে স্প্রিংয়ের টানের বিপরীতে বরাবর ধরিলে রাখিতে পারে। সেইজন্য মোটর চালু হওয়ার পরে কোন ব্যক্তিকে হাত দিয়া হাতল চাপিয়া ধরিয়া হাঁড়াইয়া থাকিতে হয় না। যখনই মোটর বন্ধ করিবার জন্য সুইচ খোলা হয়, তখনই তড়িৎ-চুম্বকের উত্তেজন নিঃশেষ হইয়া যায়; ফলে হাতল ঘুরিয়া খোলা-অবস্থানে কিরিয়া আসে। যে কয়েলের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার জন্য এই তড়িৎ-চুম্বক উত্তেজিত হয়, তাহাকে “নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল” (No-Volt Release Coil) বা “লো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল” (Low-Volt Release Coil) বলে। স্টাটারের ইহা একটি অতি প্রয়োজনীয় অংশ।

স্টার্টারের অপর একটি প্রয়োজনীয় অংশের নাম “ওভার-লোড রিলীজ কয়েল” (Over-Load Release Coil) বা “ওভার-কারেন্ট রিলীজ কয়েল” (Over-Current Release Coil)। এই কয়েল অতিরিক্ত তড়িৎ-প্রবাহের হাত হইতে আর্মচারকে রক্ষা করে। যখন মোটরে অতিরিক্ত লোড পড়ে, তখন আর্মচার দিয়া এত বেশী তড়িৎ প্রবাহিত হইতে আরম্ভ করে যে, তাহা মোটরের পক্ষে ক্ষতিকর হইয়া ওঠে। ওভার-লোড কয়েল মোটরের সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকে বলিয়া এই কয়েলের মধ্য দিয়া পূরা লাইন-কারেন্ট প্রবাহিত হয়। যখন লাইন-কারেন্ট মোটরের পূরা লোডের কারেন্ট অপেক্ষা বেশী হয়, তখন ওভার-লোড কয়েল একটি তড়িৎ-চুম্বককে উত্তেজিত করিয়া তোলে। এই চুম্বকের পোলের সামান্য একটু দূরে এক টুকরা লোহা এমনভাবে রাখা থাকে যাহাতে তাহা একদিকের একটি কীলক (pivot) অবলম্বন করিয়া ঘুরিতে পারে। লোহার অগ্রদিকে একটি কন্ট্যাক্ট থাকে। চুম্বক উত্তেজিত হইয়া লোহাকে আকর্ষণ করিবারাত্র এই কন্ট্যাক্ট নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েলের প্রান্ত দুইটি সর্ট-সার্কিট করিয়া দেয়, ফলে ঐ কয়েল দিয়া তখন আর তড়িৎ প্রবাহিত হইতে পারে না। ইহাতে যে তড়িৎ-চুম্বক স্টার্টারের হাতলকে চালু-অবস্থানে ধরিয়া রাখে, তাহার চুম্বক নিঃশেষ হইয়া যায়, আর স্প্রিংয়ের আকর্ষণে হাতল তখন খোলা-অবস্থানে ফিটিয়া আসে। এইভাবে মোটর অতিরিক্ত তড়িৎ-প্রবাহের হাত হইতে রক্ষা পায়।

কোন কোন স্টার্টাবে এমন ব্যবস্থা করা থাকে যাহাতে ঘরের যে-কোন জায়গা হইতে মোটরকে বন্ধ করা চলে। এই সকল ব্যবস্থা আর পারবর্তনশীল রোধক, সর্বকিছু একত্রে লইয়া ডি. সি. মোটরের স্টার্টার গঠিত হয়।

ডি. সি. স্টার্টারকে প্রধানতঃ দুই শ্রেণিতে ভাগ করা যাইতে পারে—সান্ট মোটরের স্টার্টার আর সিরিজ মোটরের স্টার্টার। কম্পাউণ্ড মোটরের স্টার্টারের সহিত সান্ট মোটরের স্টার্টারের সাধারণতঃ কোন তফাত থাকে না। এই স্টার্টার আবার দুই বকমের হয়—“ফেস-প্লেট স্টার্টার” (Face-Plate Starter) আর “মাল্টিপল-সুইচ স্টার্টার” (Multiple-Switch Starter)। মাল্টিপল-সুইচ স্টার্টারকে “কন্ট্যাক্টর-টাইপ স্টার্টার”-ও (Contactor-Type Starter) বলে। ফেস-প্লেট স্টার্টারের হাতল ছোট ছোট বোতামের উপর দিয়া চালনা করা হয়। ইহা ক্ষুদ্র ও মাঝারি আকারের মোটর চালু করিবার পক্ষে অতিশয় উপযোগী। কিন্তু বড় বড় মোটর সরবরাহ লাইন হইতে বেশী পরিমাণ কাবেন্ট গ্রহণ করে বলিয়া স্টার্টারে অপেক্ষাকৃত বড় আকারের কন্ট্যাক্ট ব্যবহার করিতে হয়। ফেস-প্লেট স্টার্টারে এই ধরনের কন্ট্যাক্ট ব্যবহার করা অস্বীকৃত। তাই বড় মোটর চালু করিবার জন্য অধিকাংশ ক্ষেত্রেই মাল্টিপল-সুইচ স্টার্টার ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

(২) সান্ট মোটরের স্টার্টার (Shunt Motor Starters)

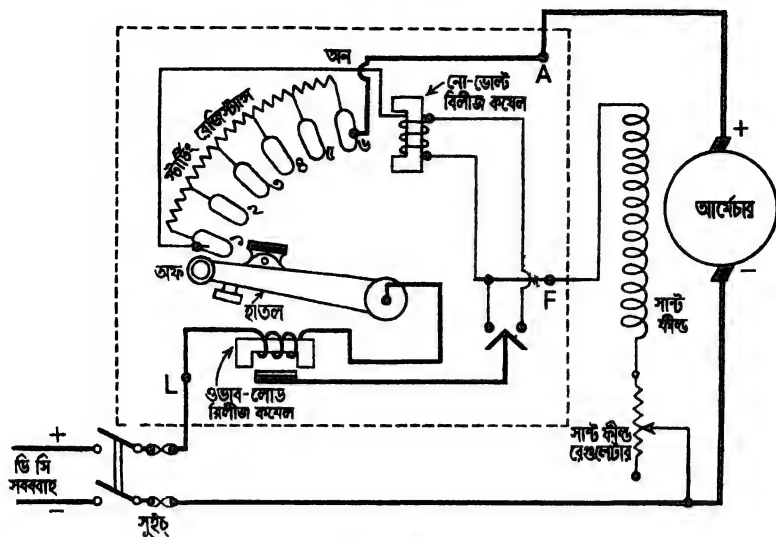
ছোট এবং মাঝারি আকারের সান্ট আর কম্পাউণ্ড মোটরের জন্য সাধারণতঃ ফেস-প্লেট স্টার্টারই ব্যবহার করা হয়। এই স্টার্টার দুই বকমের হইয়া থাকে—

তিন-প্রান্ত ওয়াল বা থ্রী-পয়েন্ট স্টার্টার, আর চার-প্রান্ত ওয়াল বা ফোর-পয়েন্ট স্টার্টার।

• (ক) তিন-প্রান্ত ওয়াল বা থ্রী-পয়েন্ট স্টার্টার (Three-Point Starter)

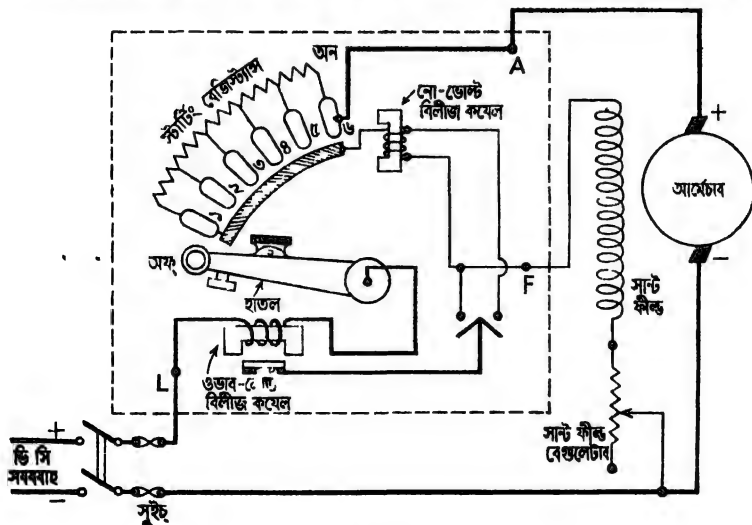
এই জাতীয় স্টার্টারে তিনটি প্রান্ত বা টার্মিনাল থাকে—L, A, আর F। ইহারা যথাক্রমে লাইন, আমেচার এবং ফীল্ড সূচনা করে। সূইচের পজিটিভ প্রান্ত হইতে একটি তার লইয়া 'L'-প্রান্তের সহিত যোগ করা হয়। স্টার্টারের ভিতর-পীঠে এই L-এর সহিত ওভার-লোড বা ওভার-কারেন্ট কয়েলের একটি প্রান্ত জোড়া থাকে, আর কয়েলের অন্য প্রান্ত স্টার্টারের হাতলের সঙ্গে লাগানো থাকে। হাতলের মুণ্ডি (knob) কাঠ বা এবনাইট (ebonite) বা অন্য কোন অপরিবাহী পদার্থের দ্বারা তৈরী করা হয় যাহাতে মোটরের চালক এই মুণ্ডি ধরিয়া হাতলকে বোতামের উপর দিয়া বা দিক হইতে ডান দিকে সরাইতে পাবে। মোটর চালু করিবার সময় প্রথমে যখন ১নং বোতামেব স্পর্শিত হাতলেব সংযোগ হয়, তখন সরবরাহ লাইন হইতে তড়িৎ-প্রবাহ এই বোতামে গিয়া পৌছায়, আর বোতামেব ভিতর-পীঠে লাগানো রেজিস্ট্যান্স দিয়া কারেন্টের প্রধান অংশ একেবারে 'A'-প্রান্তে চলিয়া যায়। স্টার্টারের এই প্রান্তের সহিত আর্মচারের সংযোগ থাকে বলিয়া চালু করিবার সময় স্টার্টারের পরিবর্তনশীল রোধকের সমস্তটাই আর্মচারের সহিত সিরিজে সংযুক্ত হয়। তাই এই বোধকের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইলে তবেই কারেন্ট আর্মচারে পৌছাইতে পারে।

তড়িৎ-প্রবাহের প্রধান অংশ ১নং বোতামের মধ্য দিয়া A-প্রান্তে যাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে অন্য একটি তার দিয়া উপযুক্ত পরিমাণ কারেন্ট নো-ভোল্ট বা লো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল হইয়া 'F'-প্রান্তে যায় এবং সেখান হইতে মোটরের সার্ট ফীল্ড দিয়া প্রবাহিত হয়। কোন কোন স্টার্টারে নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল সরাসরি ১নং বোতামের সহিত সংযুক্ত থাকে, আবার কোন কোনটিতে ১নং বোতাম আর কয়েলের মধ্যে বৃত্তখণ্ডের আকারে উপযুক্ত মাপের একখানা পিতলের কন্ট্যাক্ট (brass arc) বসানো থাকে। এই উভয় প্রকার বন্দোবস্ত যথাক্রমে ১২৮(ক) এবং ১২৮(খ)নং চিত্র দুইটিতে দেখানো হইয়াছে। যেখানে পিতলের বৃত্তখণ্ড ব্যবহার করা হয়, সেখানে হাতলের গড়ন এমন হওয়া চাই যাহাতে বোতামগুলি স্পর্শ করিয়া বা দিক হইতে ডান দিকে অগ্রসর হওয়ার সময় স্টার্টারের হাতল যেন পিতলের উপরিভাগও স্পর্শ করিতে পারে। হাতল এইভাবে অগ্রসর হইলে স্টার্টারের পরিবর্তনশীল রোধক সর্বদাই সার্ট ফীল্ডের বাহিরে থাকিয়া যায়, কিন্তু নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল যদি ১নং বোতামের সহিত সরাসরি যুক্ত থাকে, তবে মোটর চলিতে থাকার সময় স্টার্টারের পুরা রেজিস্ট্যান্স ফীল্ড-সার্কিটের সহিত সিরিজে সংযুক্ত হইয়া পড়ে। ইহাতে অবশ্য মোটর চলিবার পক্ষে কোন অসুবিধা দেখা দেয় না, কারণ সার্ট-ফীল্ডে রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ



১২৮(ক) নং চিত্র

তিন-প্রান্ত ওয়ালার স্টার্টার, নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল সরাসরি ১নং বোতামের সহিত যুক্ত আছে



১২৮(খ) নং চিত্র

তিন-প্রান্ত ওয়ালার স্টার্টার; নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল একথণ্ড শিতলের আর্কের সাহায্যে ১নং বোতামের সহিত যুক্ত আছে

অভাবতঃই খুব বেশী থাকে বলিয়া, আর স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স উহার তুলনায় অনেক কম হওয়ার জন্য, উভয় রেজিস্ট্যান্স সিরিজে যুক্ত হইলেও ফীল্ড-কারেন্ট মোটামুটি

একই থাকিয়া যায় ; ফলে চুম্বকক্ষেত্রে বলরেখার সংখ্যাও কম-বেশী হয় না, কিংবা মোটরের গতিবেগ আর আর্মেচারে উৎপন্ন ঘূর্ণকের পরিমাণেও কোন তারতম্য ঘটে না।

নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে আরম্ভ করিলেই উহার পোল চুম্বকে পরিণত হয়। তাই স্টার্টারের হাতল যখন ডান দিকের সব-শেষ বোতামের (চিত্রে ৬নং বোতাম) উপরে আসে, তখন উহার গায়ের সঙ্গে লাগানো লোহার টুকরা ঐ চুম্বকের সঙ্গে আটকাইয়া যায়, ফলে হাতল ‘অন-পজিশন’ বা চালু-অবস্থানে দাঁড়াইয়া থাকে। হাতলকে চালু-অবস্থানে ধরিয়া বাথে বলিয়া এই চুম্বককে ইংরাজিতে “হোল্ড-আপ ম্যাগনেট” (Hold-up Magnet) বলে। নো-ভোল্ট কয়েল দিয়া স্বতক্ষণ তড়িৎ প্রবাহিত হয়, ততক্ষণ হাতল এই সব-শেষ বোতামের উপরেই থাকিয়া যায়, আর সেই সঙ্গে মোটর ও সরবরাহ লাইন হইতে উপযুক্ত পরিমাণ কারেন্ট লইয়া উহার নির্দিষ্ট গতিবেগে চলিতে থাকে। কিন্তু কয়েল দিয়া কারেন্ট যাওয়া বন্ধ হইলেই হোল্ড-আপ ম্যাগনেটের উত্তেজন নিঃশেষ হইয়া যায়। তখন হাতলের সহিত যে স্প্রিংটি লাগানো থাকে, তাহার আকর্ষণে হাতল খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে, সঙ্গে সঙ্গে সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগও ছিন্ন হয়। মোটরকে একবার বন্ধ করিয়া পুনরায় চালু করিবার সময় যাহাতে সর্বদাই স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স আর্মেচারের সহিত সিরিজে যুক্ত থাকিতে পারে, সেই বিষয়ে হুনিশিত হওয়ার জগ্গই স্টার্টারে এইরূপ বন্দোবস্ত করা থাকে।

মোটরের আর্মেচারের একটি প্রান্ত এবং স্প্রিং ফীল্ডের একটি প্রান্ত একত্র মিলিত হইয়া স্প্রিংচের নেগেটিভ প্রান্তের সহিত সরাসরি যুক্ত হয়। স্টার্টারের সহিত এই দুই প্রান্তের কোন সংযোগ থাকে না। এখন, স্টার্টারের A এবং F-প্রান্ত দিয়া যে কারেন্ট মোটরের আর্মেচারে ও ফীল্ডে প্রবেশ করে, মোটরের নেগেটিভ প্রান্ত দিয়া তাহা আবার সরবরাহ লাইনে ফিরিয়া যায়। ১২৮নং চিত্র হইতে স্পষ্টই দেখা যাইবে যে, যতই হাতল ডান দিকে অগ্রসর হইতে থাকে, ততই আর্মেচার-সার্কিট হইতে স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্সের ১-২, ১-৩, ১-৪, —ইত্যাদি অংশ বাদ পড়িয়া যায়। যখন হাতল সব-শেষ বোতামের উপর (চিত্রে ৬নং বোতাম) গিয়া দাঁড়ায়, তখন রেজিস্ট্যান্সের সমস্ত অংশই বাদ পড়ে।

এইবার ওভার-লোড বা ওভার-কারেন্ট কয়েলের কার্য-পদ্ধতি লক্ষ্য কর। পজিটিভ লাইনের সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকায় মোটরের পুরা কারেন্ট এই কয়েল দিয়া প্রবাহিত হয়। ইহার চুম্বকের পোলের সামান্য একটু দূরে একটি লোহার টুকরা এমনভাবে রাখা থাকে যাহাতে তাহা বা দিকের কীলক (pivot) অবলম্বন করিয়া ঘুরিতে পারে। লোহার টুকরার অগ্রদিকে একটি কন্ট্যাক্ট থাকে, আর সেই কন্ট্যাক্ট ১২৮নং চিত্রে তীরের আকারে দেখানো হইয়াছে। তীর-চিহ্নের ঠিক উপরেই একটু দূরে দুইটি তারের দুই প্রান্ত এমনভাবে রাখা আছে যাহাতে ওভার-লোড কয়েলের চুম্বক উহার সম্মুখস্থ লোহার টুকরাকে আকর্ষণ করিলেই তীরের আকারের অংশটি উপরে

উঠিয়া গিয়া তার দুইটির প্রান্তের মধ্যে সংযোগ সাধন করিতে পারে। এখন, যেহেতু এই দুইটি তার নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েলের দুই প্রান্তের সহিত যুক্ত রহিয়াছে, অতএব ইহাদের মধ্যে সংযোগ হওয়ামাত্র নো-ভোল্ট কয়েলের দুই প্রান্তের মধ্যে স্ট-সারকিট ঘটে, এবং এ কয়েল দিয়া তখন আর কোন তড়িৎ প্রবাহিত হইতে পারে না। ফলে যে চুম্বক হাতলকে অন্-পজিশনে ধরিয়া রাখে, তাহার চুম্বকত্ব নষ্ট হইয়া যায়; সঙ্গে সঙ্গে হাতলটি ছাড়া পাঠিয়া স্প্রিংয়ের আকর্ষণে থোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে। এইভাবে মোটরে অতিরিক্ত লোড পড়িলে, অর্থাৎ কারেন্ট খুব বেশী পরিমাণে প্রবাহিত হইতে আরম্ভ করিলে, ওভার-লোড কয়েল সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগ ছিন্ন করিয়া দিয়া আর্মেরচারকে পুড়িয়া যাওয়ার হাত হইতে রক্ষা করে। তবে মোটর পুরা লোডসহ চলিতে থাকিলে, কিংবা লোডের পরিমাণ পুরা লোড অপেক্ষা সামান্য কিছু বেশী হইলেই ওভার-লোড কয়েল কাজ করে না। লোডের পরিমাণ বৃদ্ধি পাইয়া যখন মোটরের পক্ষে বিপজ্জনক হইয়া উঠে, কেবলমাত্র তখনই এই কয়েলের চুম্বক উহাব সম্মুখস্থ লোহার টুকরাকে আকর্ষণ করে। মোটরে যত বেশী লোড পড়িলে ওভার-লোড রিলীজ কাজ করে, তাহা প্রয়োজনমত নির্দিষ্ট করিয়া দেওয়াব ব্যবস্থা ও স্কাটারে করা থাকে।

তিন-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টার ব্যবহারে অসুবিধা (Disadvantage of Three-Point Starter): তিন-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টারে নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল সবদাঁট সান্ট ফীল্ডের সহিত সিবিঙ্গে সংযুক্ত থাকে। ইহাতে একটি বিশেষ স্বাধিবা পাওয়া যায়। মোটর চলিতে থাকার সময় কোন কারণে যদি ফীল্ড-সারকিটের সংযোগ খুলিয়া যায়, তবে ফীল্ড-কয়েল দিয়া কারেন্ট যাওয়া বন্ধ হয়। তখন পোল-কোরের উত্তেজন আব সেই সঙ্গে চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা হ্রাস পাইয়া প্রায় শূন্যে আসিয়া দাঁড়ায়। ইহাতে আর্মেরচারের গতিবেগ এত বেশী বৃদ্ধি পায় যে, তাহা মোটরের পক্ষে বিপজ্জনক হইয়া ওঠে। কিন্তু একই সঙ্গে নো-ভোল্ট কয়েল দিয়াও কারেন্ট যাওয়া বন্ধ হয়। ফলে যে চুম্বকটি স্টার্টারের হাতলকে অন্-পজিশনে ধরিয়া রাখে, তাহার উত্তেজন নিঃশেষ হইয়া যায় বলিয়া স্প্রিংয়ের আকর্ষণে হাতল থোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে, সঙ্গে সঙ্গে সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগও ছিন্ন হইয়া যায়। সুতরাং মোটরের গতিবেগ আর বিপজ্জনক অবস্থায় পৌছাইতে পারে না। কিন্তু নো-ভোল্ট কয়েল এইভাবে সংযুক্ত থাকে বলিয়া আবার একটি বড় রকমের অসুবিধাও দেখা দেয়। এই অসুবিধা দেখা দেয় তখনই, যখন সান্ট ফীল্ডের তড়িৎ-প্রবাহ কম-বেশী করিয়া মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করার প্রয়োজন হয়। ডি সি. মোটরের গতিবেগ বৃদ্ধি করিতে হইলে চুম্বকক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা হ্রাস করিতে হয়, আর বলরেখার সংখ্যা হ্রাস করিতে হইলে ফীল্ড দিয়া যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাহার পরিমাণ কম করা আবশ্যিক। অনেক মোটরের সর্বোচ্চ গতিবেগ আর সর্বনিম্ন গতিবেগের মধ্যে অসুপাত ৫ : ১ পর্যন্ত

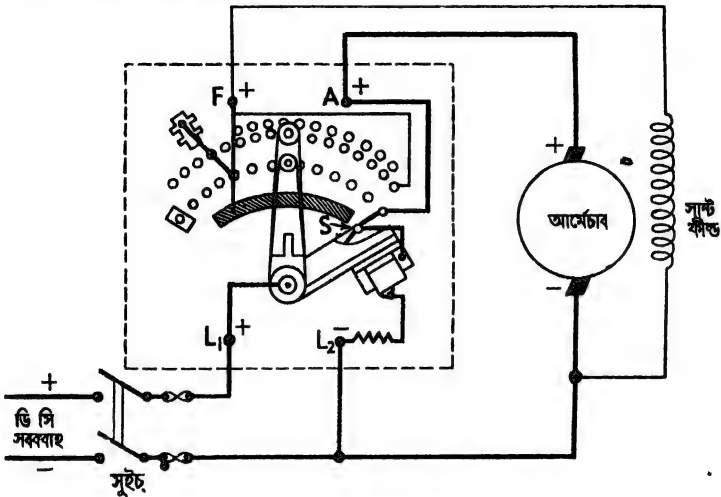
হইয়া থাকে। এই সকল মোটরের আর্মেরা যখন বেশী জোরে ঘুরিতে আরম্ভ করে, তখন ফীল্ড দিয়া এত অল্প পরিমাণ কারেন্ট পাঠাইবার প্রয়োজন হয় যে, সেই কারেন্ট নো-ভোল্ট কয়েলের চুম্বককে পুরাপুরি উত্তেজিত করিয়া তুলিতে পারে না। ফলে হোল্ড-আপ ম্যাগনেটের (hold-up magnet) শক্তি খুব ক্ষীণ হইয়া পড়ে, সক্ষে সক্ষে স্প্রিংয়ের আকর্ষণে স্টার্টারের হাতল খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে। এইভাবে, মোটরকে যখনই বেশী জোরে ঘুরাইতে চেষ্টা করা হয়, তখনই সরবরাহ লাইনের সহিত উহার সংযোগ ছিন্ন হইয়া যায়। তাই এই ধরনের কাজে মোটর পরিচালনা করিতে তিন-প্রান্ত ওয়াল স্টার্টারের পরিবর্তে সাধারণতঃ চার-প্রান্ত ওয়াল স্টার্টার ব্যবহার করা হয়।

(খ) চার-প্রান্ত ওয়াল বা ফোর-পয়েন্ট স্টার্টার (Four-Point Starter)

১২২নং চিত্রে একটি চার-প্রান্ত ওয়াল বা ফোর-পয়েন্ট স্টার্টারের বিভিন্ন অংশ ও তাহাদের মধ্যে সংযোগ দেখানো হইয়াছে। এই স্টার্টারের গঠন-রীতি অনেকাংশেই তিন-প্রান্ত ওয়াল স্টার্টারের অনুরূপ, তফাত কেবল নেগেটিভ লাইনের সংযোগের ক্ষেত্রে। সুইচের নেগেটিভ প্রান্ত হইতে যে তার বাহির হইয়া আসে, তিন-প্রান্ত ওয়াল স্টার্টারের সহিত তাহার কোন সংযোগ থাকে না; কিন্তু চার-প্রান্ত ওয়াল স্টার্টারে যে একটি বেশী লাইন-টার্মিনাল রাখা থাকে, তাহার সহিত এই তার যুক্ত হয়। সেইজন্য চার-প্রান্ত ওয়াল স্টার্টারে চারিটি প্রান্ত রাখা থাকে— L_1 , L_2 , A আর F। ইহার যথাক্রমে পজিটিভ লাইন, নেগেটিভ লাইন, আর্মেরা আর ফীল্ড সূচনা করে। সুইচ হইতে বাহির হইয়া নেগেটিভ লাইনের তার স্টার্টারের L_2 -প্রান্তে আসে এবং সেখান হইতে সরাসরি মোটরের নেগেটিভ টার্মিনালে যায়। মোটরের এই টার্মিনাল আর্মেরার এক প্রান্ত আর সান্ট ফীল্ডের এক প্রান্ত একত্রে লইয়া গঠিত হয়।

স্টার্টারের ভিতরে নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েলের এক প্রান্ত L_2 -এর সহিত, আর অল্প প্রান্ত বাদিকের প্রথম বোতামের (চিত্রে ১নং বোতাম) সহিত সংযুক্ত থাকে; ফলে সরবরাহ লাইন হইতে হাতলের মধ্য দিয়া যে কারেন্ট স্টার্টারে প্রবেশ করে, তাহার কিছুটা অংশ এই কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইয়া নেগেটিভ লাইনে ফিরিয়া যায়, আর বাকী অংশ A-প্রান্ত দিয়া আর্মেরারে এবং F-প্রান্ত দিয়া সান্ট ফীল্ডে প্রবাহিত হয়। এখন, যদি নো-ভোল্ট কয়েলের রেজিস্ট্যান্স খুব কম হয়, তবে এই কয়েল পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইনের মধ্যে প্রায় সট-সারকিটের অবস্থা সৃষ্টি করিবে এবং বেশীর ভাগ কারেন্ট তখন এই কয়েল দিয়াই প্রবাহিত হইবে। ইহাতে একদিকে যেমন নো-ভোল্ট কয়েলটি পুড়িয়া যাওয়ার সম্ভাবনা দেখা দিবে, অন্যদিকে তেমনি আর্মেরারে খুব অল্প পরিমাণ ঘর্ষক উৎপন্ন হওয়ার জন্য মোটর পুরা লোডলহ চলিতে পারিবে না। এই অসুবিধার কথা বিবেচনা করিয়াই চার-প্রান্ত ওয়াল স্টার্টারে নো-ভোল্ট কয়েলের সহিত সিরিজে একটি উপযুক্ত মানের রেজিস্ট্যান্স যোগ করা থাকে বাহাতে হোল্ড-আপ

এই হাতল নীচের সারির বোতামগুলির উপর দিয়া আর বড় হাতল উপরের সারির বোতামগুলির উপর দিয়া বাঁ দিক হইতে ডান দিকে অগ্রসর হয়। কেবলমাত্র বড় হাতলেরই মুণ্ডি (knob) থাকে, ছোট হাতলের থাকে না। মোটর চালু করিবার সময় মুণ্ডি ধরিয়া বড় হাতলটিকে সরাইলে উহার সঙ্গে সঙ্গে ছোট হাতলটিও সরিতে থাকে। ছোট হাতল যত বেশী ডান দিকে সরে, স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স ততই বেশী পরিমাণে আরম্ভচার-সারকিটের বাহিরে চলিয়া যায়। হাতল দুইটি অন্-পজিশনে আসিলে নো-ভোল্ট কয়েলের চুম্বক (অর্থাৎ hold-up magnet) ছোট হাতলের গায়ে আবদ্ধ থাকে। লোহার টুকরাকে আকর্ষণ করে। তখন লোহার টুকরা চুম্বকের গায়ে আটকাইয়া যায়, আর ছোট হাতল অন্-পজিশনে দাঁড়াইয়া থাকে।



একই বাগ্রে মোটরের স্টার্টার ও স্টার্ট ফীল্ডের রেগুলেটর

১৩০-নং চিত্র

মোটর চালু করিতে যতক্ষণ সময় লাগে, ততক্ষণ ফীল্ড-সারকিটের রেগুলেটরকে S-দ্বারা চিহ্নিত (১৩০-নং চিত্র) একটি কন্ট্যাক্ট সার্কিট-সারকিট করিয়া রাখে। এই কন্ট্যাক্ট দেখিতে অনেকটা হাতের আঙ্গুলের মত, এবং ইহা স্টার্টারের নীচের দিকে বৃন্তধণ্ডের আকারে অবস্থিত ধাতুর পাতের উপর দিয়া বাঁ দিক হইতে ডান দিকে সরে। ছোট হাতল যখন অন্-পজিশনে গিয়া পৌছায়, তখন উহা S-কে ডান দিকে ঠেলিয়া দিয়া ধাতুর পাতের উপর হইতে সরাইয়া দেয়; সঙ্গে সঙ্গে ফীল্ডের রেগুলেটর হইতে সার্কিট অপসারিত হয়। এই সময় বড় হাতলটিকে পুনরায় বাঁ দিকে সরাইতে আরম্ভ করিলে রেগুলেটরের রেজিস্ট্যান্স অধিকতর পরিমাণে ফীল্ড-কয়েলের সহিত সিরিজে সংযুক্ত হইতে থাকে, আর সেই সঙ্গে ফীল্ডের কারেন্ট ক্রমশঃ কমিতে থাকায় মোটর বেশী জোরে ঘুরিতে শুরু করে। বড় হাতলের সঙ্গে কোন স্রীং লাগানো

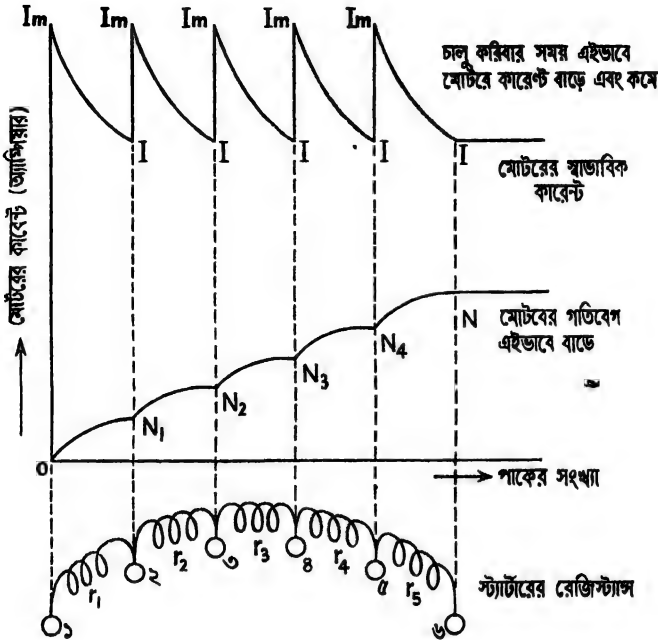
থাকে না বলিয়া উপরের সারির বোতামগুলির উপরে যে-কোন জায়গায় ঐ হাতলকে রাখা চলে। যেখানে রাখিলে মোটর উপযুক্ত বেগে চলিতে আরম্ভ করে, হাতলটিকে বোতামের উপর সেখানেই রাখা হয়। সরবরাহ যখন বন্ধ হইয়া যায়, কিংবা অন্য কোন কারণে যখন নো-ভোল্ট কয়েলের চুম্বকে আর উত্তেজনা থাকে না বা খুব অল্প পরিমাণে থাকে, তখন স্প্রিংয়ের আকর্ষণে ছোট হাতল বড় হাতলটিকে সঙ্গে লইয়া খোলা-অবস্থানে ফিরিয়া আসে।

কোন চালু মোটরকে বন্ধ করিতে হইলে সরবরাহ লাইনের স্ফীট খুলিয়া দিয়াই তাহা করা নিয়ম, স্টার্টারের হাতলকে ঠেলিয়া খোলা-অবস্থানে আনা কখনই উচিত নহে। স্টার্ট মোটর চলিতে থাকার সময় উহার আর্মেচারে যে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, তাহার পরিমাণ প্রায় লাইন-ভোল্টেজের সমান থাকে। সেইজন্ত স্ফীটের কন্ট্যাক্টের মধ্যে তড়িৎ বিভবের পার্থক্য খুব কম হয়। সুতরাং লাইনের স্ফীট খুলিয়া দিয়া মোটর বন্ধ করিলে স্ফীটেব কন্ট্যাক্টের মধ্যে “বৈদ্যুতিক আর্ক” (electric arc) উৎপন্ন হওয়ার সম্ভাবনা যেমন থাকে না, তেমনি ফীল্ড-কয়েলে যে তড়িৎ-চুম্বকীয় শক্তি (electro-magnetic energy) সঞ্চিত থাকে, তাহা স্ফীটে না আসিয়া আর্মেচারের মধ্যেই ধীরে ধীরে ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। অপরদিকে, স্টার্টারের হাতলকে যদি জোর করিয়া খোলা-অবস্থানের দিকে সরাইয়া আনা হয়, তবে বাঁ দিকের সব-শেষ বোতামের (১২চং চিত্রের ১নং বোতাম) সহিত হাতলের সংযোগ ছিন্ন হওয়ার সময় ফীল্ড-সারকিট খুলিয়া যায়। ফীল্ড-কয়েলে খুব বেশী সংখ্যক পাক থাকে বলিয়া কয়েলের ইন্ডাকট্যান্স (inductance) বড় বেশী হয়; ফলে হাতল আর সব-শেষ বোতামের মধ্যে সংযোগ ছিন্ন হওয়ার সময় বৈদ্যুতিক আর্ক উৎপন্ন হইয়া বোতামটিকে পোড়াইয়া ফেলিতে পর্যন্ত পারে। সেইজন্তই চালু মোটর বন্ধ করিতে হইলে স্ফীট খুলিয়া তাহা করা স্টার্টারের পক্ষে নিরাপদ। স্ফীট খুলিয়া দিলে তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ হইয়া যায়, তখন স্প্রিংয়ের আকর্ষণে স্টার্টারের হাতল আপনা হইতেই খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে।

স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্সের হিসাব

মোটর চালু করিবার সময় এক এক বারে কতটা করিয়া স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স আর্মেচার-সারকিট হইতে বাদ দিতে হইবে, আর এক বোতাম হইতে পরের বোতামে কতক্ষণ পরে হাতল সরাইতে হইবে, তাহা নির্ভর করে চালু করার সময়ের সর্বোচ্চ আর সর্ব-নিম্ন কারেন্টের উপর। সাধারণতঃ এই সব-নিম্ন কারেন্ট মোটরের পূরা লোড-কারেন্টের সমান হয়, আর সর্বোচ্চ কারেন্ট তাহার দেড়গুণ হইতে দুইগুণের মধ্যে থাকে। মোটর চলিতে আরম্ভ করা মাত্র, কিংবা এক বোতাম হইতে পরের বোতামে হাতল সরাইবামাত্র, কারেন্ট মুহূর্তের মধ্যে সর্বোচ্চ সীমায় গিয়া ওঠে; সেই কারেন্ট সর্ব-নিম্ন সীমায় আস্তে আস্তে নামিয়া আসিতে যত সময় লাগে, ততটুকু সময় স্টার্টারের

হাতলকে এক-একটি বোতামের উপর রাখা দরকার। ১৩১(ক)নং চিত্রে এই অবস্থা রেখা-চিত্রের সাহায্যে বুঝানো হইয়াছে। মোটরের স্পিচ বন্ধ হওয়ার পরে যে মুহূর্তে হাতল



মোটর চালু করার সময় ক্রমান্বয়ে কারেন্ট এবং গতিবেগ বাড়ে, তাহার নক্সা

১৩১(ক)নং চিত্র

খোলা-অবস্থান হইতে ১নং বোতামের উপর যায়, সেই মুহূর্তে মোটরের অ্যাম্বিটারের কাঁটা যতদূর গিয়া দাঁড়ায়, তাহাই মোটর চালু করার সর্বোচ্চ কারেন্ট। মনে কর, এই কারেন্টের পরিমাণ I_m অ্যাম্পিয়ার। চিত্রে ০ হইতে I_m পর্যন্ত খাড়াভাবে অঙ্কিত রেখা সেই কারেন্ট নির্দেশ করিতেছে। এই সময় আর্মেচারের সহিত স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্সের সমস্তটাই সিরিজে লাগানো থাকে। তাই

$$I_m = \frac{\text{সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজ}}{\text{আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স + স্টার্টারের পুরা রেজিস্ট্যান্স}}$$

$$= \frac{V}{R_a + (r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5)} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হয়। মোটরে কারেন্ট প্রবেশ করা মাত্র আর্মেচার ঘুরিতে শুরু করে, আর সেই সঙ্গে আর্মেচারের পরিবাহীতে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ (E_b) আবিষ্ট হয়। আর্মেচারের গতিবেগ বৃদ্ধি পাইতে থাকে, E_b -এর পরিমাণ ততই বৃদ্ধি পাইতে থাকে; কাজেই মোটরের

কারেন্ট আবার কমিতে আরম্ভ করে, আর কমিতে কমিতে তাহা পূরা লোড-কারেন্টের সমান হইয়া দাঁড়ায়। চিত্রে ইহাকে I অ্যাম্পিয়ার বলা হইয়াছে। এই সময় আর্মেচার N_1 সংখ্যক পাকে ঘুরিতে থাকে, আর বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপের পরিমাণ E_{b1} ভোল্ট হয়। অতএব তখন কারেন্ট

$$I = \frac{V - E_{b1}}{R_a + (r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5)} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

থাকে। এই অবস্থায় আসিতে যত সময় লাগে, তত সময় হাতলকে ১নং বোতামের উপরেই রাখিতে হয়। কারেন্ট I_m হইতে I-তে কিভাবে নামিয়া আসে, তাহা ১৩১(ক)নং চিত্রে উপরের দিকের রেখার সাহায্যে দেখানো হইয়াছে।

ইহার পর হাতলকে ২নং বোতামের উপর সরাইয়া দেওয়া হয়। সঙ্গে সঙ্গে ১নং ও ২নং বোতামের মধ্যে যতটুকু রেজিস্ট্যান্স থাকে (অর্থাৎ r_1 ওম), তাহা আর্মেচার-সারকিটের বাহিরে চলিয়া যায়। কাজেই কারেন্ট আবার বৃদ্ধি পাইয়া I_m -এ ওঠে। তখন

$$I_m = \frac{V - E_{b1}}{R_a + (r_2 + r_3 + r_4 + r_5)} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হয়। কারেন্ট বাড়িলেই আর্মেচারের ঘূর্ণক বাড়ে; ফলে মোটর পূর্বাৎসর্য বেষী জোরে ঘুরিতে আরম্ভ করে, আর সেই সঙ্গে আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপের পরিমাণও বৃদ্ধি পায়। তখন কারেন্ট আবার কমিয়া I-তে আসিয়া দাঁড়ায়। যদি এই সময় আর্মেচার N_2 সংখ্যক পাকে ঘোরে, আর বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ E_{b2} ভোল্ট হয়, তবে

$$I = \frac{V - E_{b2}}{R_a + (r_2 + r_3 + r_4 + r_5)} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হইবে। . .

কারেন্ট I-তে নামিয়া আসা পৰ্যন্ত স্টার্টারের হাতল ২নং বোতামের উপরেই থাকে, পরে উহাকে ৩নং বোতামের উপর সরাইয়া দিতে হয়। ইহাতে ২নং আর ৩নং বোতামের মধ্যে যতটুকু রেজিস্ট্যান্স থাকে (অর্থাৎ r_2 ওম), তাহাও আর্মেচার-সারকিটের বাহিরে চলিয়া যায়, অর্থাৎ আর্মেচার-সারকিটের মোট রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ তখন $R_a + (r_3 + r_4 + r_5)$ ওম হয়।

এইভাবে একে একে সব কয়টি বোতামের উপর দিয়া চলিতে চলিতে অবশেষে স্টার্টারের হাতল ৬নং বোতামের উপর গিয়া পৌছায়। তখন শেষবারের মত

$$I_m = \frac{V - E_{b5}}{R_a} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

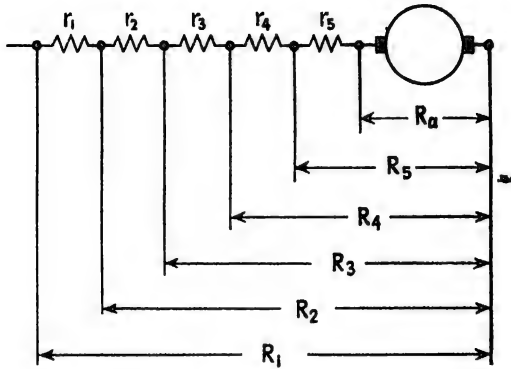
হয়, আর সেই সঙ্গে মোটর পূর্ণ গতিবেগে চলিতে শুরু করে। ইহাতে আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পাইয়া E_b হয় এবং তাহা লাইন-ভোল্টেজের শতকরা ৯০ ভাগ

আন্দাজ হইয়া দাঁড়ায় ; ফলে বাহিরের রেজিস্ট্যান্সের সাহায্য ছাড়াই আর্থেচার দিয়া I অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে, কারণ

$$I = \frac{V - E_b}{R_a} \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

এই সময় মোটর চালু করার কাজ শেষ হয়।

স্টার্টারের বিভিন্ন অংশের রেজিস্ট্যান্স কত হইবে, তাহা অঙ্ক কষিয়া বাহির করিতে হইলে ১৩১(খ)নং চিত্রে যে রূপ দেখানো হইয়াছে, সেইভাবে হিসাব স্বক্ক কর ; অর্থাৎ মনে কর



১৩১(খ) নং চিত্র

$$R_1 = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5 + R_a,$$

$$R_2 = r_2 + r_3 + r_4 + r_5 + R_a,$$

$$R_3 = r_3 + r_4 + r_5 + R_a, \text{ ইত্যাদি।}$$

অতএব $r_1 = R_1 - R_2$; $r_2 = R_2 - R_3$, $r_3 = R_3 - R_4$, ইত্যাদি।

মোটর চালু করার ব্যাপারে উপরে এতক্ষণ বাহা বলা হইয়াছে, তাহা হইতে দেখা যাইবে যে, স্টার্টারের হাতল যখন ১নং বোতামের উপর থাকে, তখন

$$I_m = \frac{V}{R_1}, \text{ আর } I = \frac{V - E_{b1}}{R_1}।$$

সেইরূপ, হাতল যখন ২নং বোতামের উপর থাকে, তখন

$$I_m = \frac{V - E_{b1}}{R_2}, \text{ আর } I = \frac{V - E_{b2}}{R_2}।$$

$$\text{সুতরাং } \frac{I}{I_m} = \frac{V - E_{b1}}{R_1} \times \frac{R_2}{V - E_{b1}} = \frac{R_2}{R_1}।$$

এখন, যদি $\frac{I}{I_m} = K$ ধরা যায়, আর স্টার্টারে $(n+1)$ সংখ্যক বোতাম থাকে

(অর্থাৎ স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স n খণ্ডে ভাগ করা থাকে), তবে উপরের সমীকরণ অনুসারে

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_3}{R_2} = \frac{R_4}{R_3} = \dots = \frac{R_a}{R_n} = K$$

হইবে। অতএব

$$\frac{R_2}{R_1} \times \frac{R_3}{R_2} \times \frac{R_4}{R_3} \times \dots \times \frac{R_a}{R_n} = \frac{R_a}{R_1} = K^n$$

হইবে। এই সকল হিসাবের সাহায্যেই স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্সে কতগুলি খণ্ড (Sections) থাকিবে, আর তাহা কত কত ওমের হইবে, সেই সমস্ত অঙ্ক কষিয়া বাহির করা যায়। নিম্নে যে দুইটি উদাহরণ দেওয়া হইল, তাহা ভালভাবে লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারিবে।

উদাহরণ ৬ ২৭। একটি ৫০০-ভোল্ট ডিউং-চাপের উপযোগী সার্ক মোটর পূর্ণ লোডসহ চলিবার সময় ৭০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। চালু করিবার সময় এই কারেন্ট ১০০ অ্যাম্পিয়ার পর্যন্ত বৃদ্ধি পাইতে পারে। মোটরের আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স ০.১২৫ ওম হইলে স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্সে কত খণ্ড থাকিবে, আর খণ্ডগুলি কত কত ওমের হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $V = ৫০০$ ভোল্ট,
 $I = ৭০$ অ্যাম্পিয়ার,
 $I_m = ১০০$ অ্যাম্পিয়ার,

এবং $R_a = ০.১২৫$ ওম।

$$K = \frac{I}{I_m} = \frac{৭০}{১০০} = ০.৭।$$

$$I_m = \frac{V}{R_1} \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$\therefore R_1 = \frac{V}{I_m} = \frac{৫০০}{১০০} = ৫ \text{ ওম।}$$

$$\frac{R_a}{R_1} = K^n,$$

অথবা $\frac{০.১২৫}{৫} = ০.৭^n,$

অথবা $০.০২৫ = ০.৭^n,$

অথবা $\log ০.০২৫ = n \times \log ০.৭,$

অথবা $২.৩৯৭৯ = n \times ১.৮৪৫১,$

অথবা $-১.৬০২১ = n \times (-০.১৫৪৯),$

$$\therefore n = \frac{-১.৬০২১}{-০.১৫৪৯} = ১০.৩৪।$$

১০'৩৪-এর নিকটতম পূর্ণসংখ্যা হইতেছে ১০। কিন্তু $n=১০$ ধরিলে চালু করিবার সময় মোটরের সর্বোচ্চ কারেন্ট ১০০ অ্যাম্পিয়াব অপেক্ষা বেশী হইয়া দাঁড়াইবে। সুতরাং এক্ষেত্রে $n=১১$ ধরিতে হইবে, আর সেই অনুসারে নতুন করিয়া I_m , R_1 এবং K —এই তিনটি সংখ্যার মান নির্ণয় কবিত্তে হইবে।

$$R_1 = \frac{V}{I_m} = \frac{৫০০}{I_m},$$

$$K = \frac{I}{I_m} = \frac{৭০}{I_m},$$

এবং $R_a = K^n = K^{১১}$ ।

$$\therefore \frac{০.১২৫}{\frac{৫০০}{I_m}} = \left(\frac{৭০}{I_m} \right)^{১১},$$

অথবা $\frac{০.১২৫ \times I_m}{৫০০} = \left(\frac{৭০}{I_m} \right)^{১১},$

অথবা $০.১২৫ \times I_m^{১২} = ৫০০ \times ৭০^{১১},$

$$\therefore I_m = \sqrt[১২]{\frac{৫০০ \times ৭০^{১১}}{০.১২৫}} \\ = ৯৮.০৭ \text{ অ্যাম্পিয়াব।}$$

$$R_1 = \frac{৫০০}{I_m} = \frac{৫০০}{৯৮.০৭} = ৫.১ \text{ ওম,}$$

এবং $K = \frac{৭০}{I_m} = \frac{৭০}{৯৮.০৭} = ০.৭১৪।$

অতএব $R_1 = ৫.১ \text{ ওম,}$

$$R_2 = KR_1 = ০.৭১৪ \times ৫.১ = ৩.৬৪ \text{ ওম,}$$

$$R_3 = KR_2 = ০.৭১৪ \times ৩.৬৪ = ২.৬৮ \text{ ওম,}$$

$$R_4 = KR_3 = ০.৭১৪ \times ২.৬৮ = ১.৮৫৫ \text{ ওম,}$$

$$R_5 = KR_4 = ০.৭১৪ \times ১.৮৫৫ = ১.৩২৪ \text{ ওম,}$$

$$R_6 = KR_5 = ০.৭১৪ \times ১.৩২৪ = ০.৯৪৫ \text{ ওম,}$$

$$R_7 = KR_6 = ০.৭১৪ \times ০.৯৪৫ = ০.৬৭৫ \text{ ওম,}$$

$$R_8 = KR_7 = ০.৭১৪ \times ০.৬৭৫ = ০.৪৮২ \text{ ওম,}$$

$$R_9 = KR_8 = ০.৭১৪ \times ০.৪৮২ = ০.৩৪৪ \text{ ওম,}$$

$$R_{10} = KR_9 = ০.৭১৪ \times ০.৩৪৪ = ০.২৪৫ \text{ ওম,}$$

$$R_{11} = KR_{10} = ০.৭১৪ \times ০.২৪৫ = ০.১৭৫ \text{ ওম,}$$

এবং $R_{12} = KR_{11} = ০.৭১৪ \times ০.১৭৫ = ০.১২৫ \text{ ওম।}$

সুতরাং স্টার্টারের বিভিন্ন খণ্ডের রেজিস্ট্যান্স নিম্নলিখিত রূপ হইবে :-

$$r_1 = R_1 - R_2 = ৫.১ - ৩.৬৪ = ১.৪৬ \text{ ওম,}$$

$$r_2 = R_2 - R_3 = ৩.৬৪ - ২.৬৮ = ১.০৪২ \text{ ওম,}$$

$$r_3 = R_3 - R_4 = 2.527 - 1.744 = 0.783 \text{ ওম},$$

$$r_4 = R_4 - R_5 = 1.744 - 1.328 = 0.416 \text{ ওম},$$

$$r_5 = R_5 - R_6 = 1.328 - 0.884 = 0.444 \text{ ওম},$$

$$r_6 = R_6 - R_7 = 0.884 - 0.694 = 0.19 \text{ ওম},$$

$$r_7 = R_7 - R_8 = 0.694 - 0.872 = 0.122 \text{ ওম},$$

$$r_8 = R_8 - R_9 = 0.872 - 0.388 = 0.484 \text{ ওম},$$

$$r_9 = R_9 - R_{10} = 0.388 - 0.284 = 0.104 \text{ ওম},$$

$$r_{10} = R_{10} - R_{11} = 0.284 - 0.194 = 0.09 \text{ ওম},$$

$$\text{এবং } r_{11} = R_{11} - R_{12} = 0.194 - 0.124 = 0.07 \text{ ওম}।$$

স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স মোট $\Sigma = 11$ ।

উদাহরণ ৬-২৮। একটি ২২০-ভোল্ট, ৭.৫-অশ্বশক্তি ক্ষমতা সম্পন্ন সার্ক মোটর চালু করিতে যে স্টার্টার ব্যবহার করা হয়, তাহার রেজিস্ট্যান্সে ছয়টি খণ্ড থাকিলে খণ্ডগুলির রোধ কত কত ওম হইবে? পূরা লোডসহ চলিবার সময় মোটরের কর্ম-ক্ষমতা শতকরা ৯৮.৪ ভাগ থাকে, আর চালু করিবার সময় কারেন্টের সর্বোচ্চ পরিমাণ ৪০ অ্যাম্পিয়ার হয়।

এখানে $V = 220$ ভোল্ট,

মোটরের আউটপুট $= 7.5$ অশ্ব-শক্তি,

মোটরের কর্ম-ক্ষমতা $= 98.4\%$,

$$n = 6,$$

আর $I_m = 40$ অ্যাম্পিয়ার।

মোটরের আউটপুট $= 7.5$ অশ্ব-শক্তি

$$= 7.5 \times 746 \text{ ওয়াট},$$

$$\therefore \text{মোটরের ইনপুট} = \frac{7.5 \times 746 \times 100}{98.4}$$

$$= 5687.5 \text{ ওয়াট}।$$

অতএব পূরা লোডে মোটরের কারেন্ট

$$I = \frac{\text{মোটরের ইনপুট}}{V} = \frac{5687.5}{220}$$

$$= 25.85 \text{ অ্যাম্পিয়ার}।$$

$$K = \frac{I}{I_m} = \frac{25.85}{40} = 0.6462।$$

$$R_1 = \frac{V}{I_m} = \frac{220}{40} = 5.5 \text{ ওম},$$

$$R_2 = KR_1 = 0.6462 \times 5.5 = 3.554 \text{ ওম},$$

$$R_3 = KR_2 = 0.6462 \times 3.554 = 2.286 \text{ ওম},$$

$$R_4 = KR_3 = 0.6462 \times 2.286 = 1.478 \text{ ওম},$$

$$R_5 = KR_4 = 0.6462 \times 1.478 = 0.954 \text{ ওম},$$

$$R_6 = KR_5 = 0.6462 \times 0.954 = 0.615 \text{ ওম},$$

$$\text{এবং } R_7 = KR_6 = 0.6462 \times 0.615 = 0.4 \text{ ওম}।$$

সুতরাং স্টার্টারের বিভিন্ন খণ্ডের রেজিস্ট্যান্স নিম্নলিখিতরূপ হইবে :—

$$r_1 = R_1 - R_2 = ৫.৫ - ৩.৫৫৪ = ১.৯৪৬ \text{ ওম,}$$

$$r_2 = R_2 - R_3 = ৩.৫৫৪ - ২.২২৬ = ১.৩২৮ \text{ ওম,}$$

$$r_3 = R_3 - R_4 = ২.২২৬ - ১.৪৮৮ = ০.৭৩৮ \text{ ওম,}$$

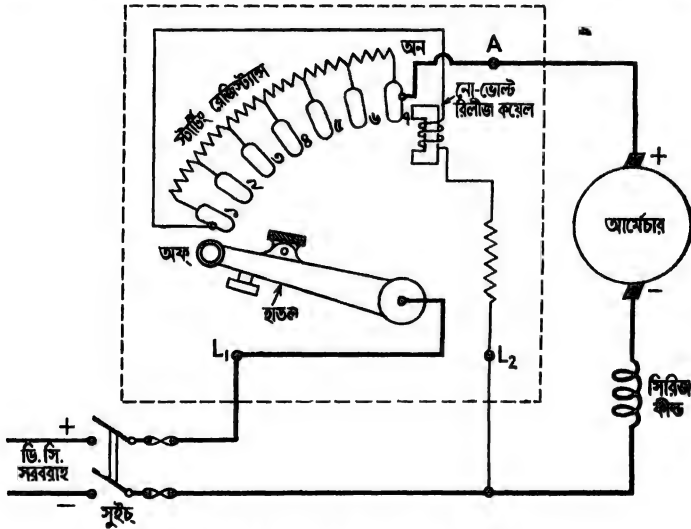
$$r_4 = R_4 - R_5 = ১.৪৮৮ - ০.৯৮৫ = ০.৫০৩ \text{ ওম,}$$

$$r_5 = R_5 - R_6 = ০.৯৮৫ - ০.৬১২৩ = ০.৩৭২৭ \text{ ওম,}$$

$$\text{এবং } r_6 = R_6 - R_7 = ০.৬১২৩ - ০.৪ = ০.২১২৩ \text{ ওম।}$$

(৩) সিরিজ মোটরের স্টার্টার (Series Motor Starters)

ছোট আর মাঝারি আকারের সিরিজ মোটর চালু করিতে সাণ্ট মোটরের স্ক্রায় “ফেস-প্লেট” (Face-Plate) ধরনের স্টার্টারই ব্যবহার করা হইয়া থাকে। এই স্টার্টার প্রধানতঃ দুই রকমের হয়। মোটর চলিতে থাকাকালীন যে তড়িৎ-চুম্বক স্টার্টারের হাতলকে “অন-পজিশনে” (ON-position) ধরিয়া রাখে, সেই চুম্বক



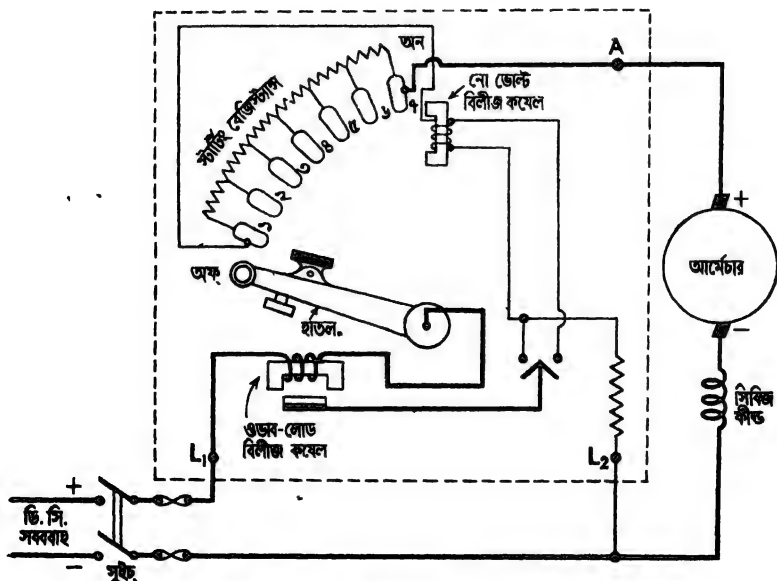
নো-ভোল্ট রিলিজ কয়েল সহ সিরিজ মোটরের স্টার্টার

১৩২(ক)নং চিত্র

এক ধরনের স্টার্টারে “নো-ভোল্ট রিলিজ কয়েল” (No-Volt Release Coil)-এর সাহায্যে, আর অন্য এক ধরনের স্টার্টারে “নো-লোড রিলিজ কয়েল” (No-Load Release Coil)-এর সাহায্যে উত্তেজন পায়। নো-ভোল্ট কয়েলের দুই প্রান্ত সরাসরি পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইনের মধ্যে সংযুক্ত থাকে বলিয়া কয়েল দিয়া বাহাতে প্রয়োজন অশেকা বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হইতে না পারে, সেইজন্য উপযুক্ত মানের একটি রেজিস্ট্যান্স উহার সহিত সিরিজে যোগ করা থাকে। এই সংযোগ ১৩২(ক)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। যেহেতু সিরিজ মোটরে সাণ্ট ক্ষুদ্র থাকে না,

অতএব উহার স্টার্টারেও ফীল্ড-কয়েল সংযুক্ত করার জন্য কোন প্রান্ত (terminal) রাখা হয় না। স্টার্টারের সাধারণতঃ তিনটি প্রান্ত রাখা থাকে— L_1 , L_2 আর A । ইহারা যথাক্রমে পজিটিভ লাইন, নেগেটিভ লাইন এবং আর্থচার সূচনা করে। মিরিঞ্জ ফীল্ডের এক প্রান্ত মোটরের আর্থচারের সহিত আর অন্য প্রান্ত সরাসরি নেগেটিভ লাইনের সহিত সংযুক্ত থাকে। আর্থচারের দ্বিতীয় প্রান্ত হইতে তার আনিয়া স্টার্টারের A -টার্মিনালের সহিত যোগ করা হয়, আব নো-ভোল্ট কয়েলের সহিত সংযোগ রাখিবার জন্য স্লিচের পজিটিভ আর নেগেটিভ টার্মিনাল হইতে দুইগাছা তার আনিয়া স্টার্টারের L_1 আর L_2 প্রান্তের সহিত যুক্ত হয়। সরবরাহ লাইন ভোল্টেজ-শূন্য হইলে, কিংবা লাইনের ভোল্টেজ খুব বেশী পরিমাণে কমিয়া গেলে, নো-ভোল্ট কয়েল দিয়া কারেন্ট যাওয়া বন্ধ হইয়া যায় (অথবা খুব সামান্য কারেন্ট প্রবাহিত হইতে থাকে), তখন ঐ কয়েলের চুম্বক অতিশয় দুর্বল হইয়া পড়ে, সঙ্গে সঙ্গে স্রীংয়েব আকর্ষণে হাতল খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে।

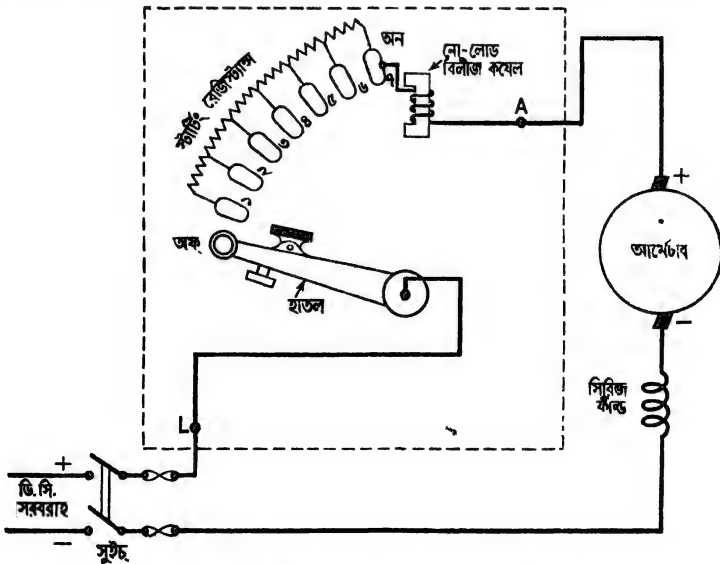
মোটরে যখন অতিরিক্ত লোড পড়ে, তখন কারেন্ট খুব বেশী বৃদ্ধি পাইয়া বাহাতে আর্মেচারকে পোড়াইয়া ফেলিতে না পারে, সেইজন্য এই ধরনের স্টার্টারেও “ওভার-লোড বা ওভার-কারেন্ট রিলীজ কয়েল” (Over-Load or Over-Current Release Coil) ব্যবহার করা চলে। ওভার-লোড কয়েল পজিটিভ লাইন আর হাতলের মধ্যে সিরিজে সংযুক্ত থাকে। এই সংযোগ ১৩২(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।



নো-ভোল্ট করেল আর ওভার-লোড করেলের সংযোগসহ সিরিজ মোটরের স্টার্টার

তড়িৎ-প্রবাহ খুব বেশী বৃদ্ধি পাইলে ওভার-লোড কয়েলের চুম্বক এক টুকরা লোহাকে আকর্ষণ করিয়া উপরে তোলে, আর সেই সঙ্গে কীলকের উপর অবস্থিত একটি কন্টাক্ট ঘুরিয়া গিয়া নো-ভোল্ট কয়েলের দুই প্রান্তের মধ্যে সর্ট-সার্কিট করিয়া দেয়। তখন যে তড়িৎ-চুম্বকের সাহায্যে হাতল চালু-অবস্থানে রাখা থাকে (অর্থাৎ hold-up magnet), তাহার আকর্ষণ-শক্তি হ্রাস পায়, আর স্প্রিংয়ের আকর্ষণে হাতল খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসা মাত্র সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগ ছিন্ন হইয়া যায়।

নো-ভোল্ট কয়েলের পরিবর্তে “নো-লোড রিলীজ কয়েল” (No-Load Release Coil) ব্যবহার করিলে মোটর আর স্টার্টারের বিভিন্ন অংশের মধ্যে যেভাবে সংযোগ করিতে হয়, তাহা ১৩৩নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই কয়েল আর্মচার আর সিরিজ ফিল্ডের সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকে বলিয়া মোটরের পুরা কারেন্ট ইহার মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। সেইজন্য নো-লোড কয়েলের তার অনেক বেশী মোটা হয়, আর ইহাতে পাকের সংখ্যা অপেক্ষাকৃত কম থাকে। সিরিজ মোটরের প্রধান দোষ এই যে, কোন কারণে আর্মচারের শ্যাফ্টে লোড দেওয়া না থাকিলে, কিংবা লোডের পরিমাণ খুব বেশী কমিয়া গেলে, মোটরের গতিবেগ বৃদ্ধি পাইয়া বিপজ্জনক অবস্থায় পৌঁছায়, আর তাহাতে মোটরটি সম্পূর্ণরূপে ধ্বংস হইয়া যাওয়ার সম্ভাবনা দেখা



নো-লোড রিলীজ কয়েলসহ সিরিজ মোটরের স্টার্টার

১৩৩নং চিত্র

দেয়। স্টার্টারে নো-লোড কয়েল ব্যবহার করিলে মোটর এই বিপদ হইতে রক্ষা পায়। লোডশূন্য অবস্থায় বা অল্প পরিমাণ লোডে সরবরাহ লাইন হইতে মোটরে খুব কম

কারেন্ট যায়। সেই কারেন্ট নো-লোড রিলীজ কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইতে থাকে বলিয়া ঐ কয়েলের চুম্বক (অর্থাৎ hold-up magnet) অতিশয় দুর্বল হইয়া পড়ে, সঙ্গে সঙ্গে স্প্রিংয়ের আকর্ষণে হাতল খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে; তখন মোটরের আর্চচার আন্তে আন্তে থামিয়া যায়। হুতরাং যে-সকল কাজে আর্চচারের শাক্ট হইতে লোডের সংযোগ খুলিয়া যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে, কিংবা যেখানে লোড কখনও কখনও খুব বেশী পরিমাণে কমিয়া যাইতে পারে, সেখানে বা সেই সকল কাজের পক্ষে এই ধরনের স্টার্টারই সর্বাপেক্ষা অধিক উপযোগী। পূর্বে যেসকল বলা হইয়াছে, সেই একই পদ্ধতিতে এই স্টার্টারেও ওভার-লোড রিলীজ কয়েল ব্যবহার করা চলে। তখন চালু থাকাকালীন মোটর খুব কম লোড আর খুব বেশী লোড উভয়ের হাত হইতেই রক্ষা পায়।

(৪) ড্রাম কন্ট্রোলার (Drum Controllers)

কোন ব্যক্তি প্রত্যক্ষভাবে অনবরত গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করিয়া যখন ডি. সি. মোটর পরিচালনা করিতে থাকে, তখন স্টার্টারের পরিবর্তে মোটরের সহিত “কন্ট্রোলার” ব্যবহার করা হয়। কন্ট্রোলারের সাহায্যে স্টার্ট, সিরিজ আর কম্পাউণ্ড—এই তিন রকম মোটরকেই চালু করা যায়, বা তাহাদের গতিবেগ কম-বেশী করা যায়। বড় বড় সিরিজ মোটর পরিচালনা করিতে প্রায় সর্বত্রই স্টার্টারের পরিবর্তে কন্ট্রোলার ব্যবহার করা হইয়া থাকে; বিশেষতঃ ট্রামগাড়ী, ক্রেন, এলিভেটর প্রভৃতি পরিচালনার কাজে কন্ট্রোলার একান্তভাবেই আবশ্যিক। একটি সাধারণ স্টার্টার আর কন্ট্রোলারের মধ্যে অনেক তফাত আছে। স্টার্টার দিয়া কারেন্ট কেবলমাত্র মোটর চালু করিবার সময়েই প্রবাহিত হয়, মোটর পূর্ণদমে চলিতে শুরু করিলে উহার রেজিস্ট্যান্স আর কোন কারেন্ট যায় না। কারণ মোটর চলিতে থাকার সময় যদি অনবরত কারেন্ট স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স দিয়া প্রবাহিত হইতে থাকে, তবে ঐ রেজিস্ট্যান্স খুব বেশী গরম হইয়া ওঠে এবং অবশেষে তাহা পুড়িয়া যাইতে পর্যন্ত পারে; কিন্তু কন্ট্রোলারে সেইরূপ হয় না। মোটর বতরূপ চলে, কন্ট্রোলারের রেজিস্ট্যান্স দিয়াও ততরূপ কারেন্ট যায়। তাই কন্ট্রোলার এমনভাবে তৈরী বাহাতে মোটরের পূর্ণ কারেন্ট উহার রেজিস্ট্যান্স দিয়া অনবরত প্রবাহিত হইতে পারে, আর তাহাতে কন্ট্রোলারের রেজিস্ট্যান্সের যেন কোন ক্ষতি না হয়। স্টার্টারেব হাতলকে মাঝের কোন বোতামের উপর জোর করিয়া চাপিয়া না রাখিলে স্প্রিংয়ের আকর্ষণে তাহা খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে। কিন্তু কন্ট্রোলারের হাতলে কোন স্প্রিং থাকে না বলিয়া রেজিস্ট্যান্সের উপর যে-কোন জায়গাতেই উহাকে রাখা চলে। ট্রামগাড়ীতে যে যন্ত্রের সাহায্যে মোটরকে চালু করা হয় বা মোটরের গতিবেগ কম-বেশী করা হয়, সেই যন্ত্রই ড্রাম-কন্ট্রোলার। ড্রাম-কন্ট্রোলারে একটি মোটা চোঙ (barrel or cylinder) এর উপরে কতকগুলি পিতলের কন্ট্যাক্ট (contacts) থাকে। ড্রামের চালক হাতলের সাহায্যে যখন সেই চোঙটি ঘুরায়, তখন কন্ট্যাক্টগুলির গায়ে একটি করিয়া ধাতুর সংযোগ স্প্রিংয়ের সাহায্যে চাপিয়া বসে। ইংরাজিতে ইহাদের ‘ফিঙ্গার’ (finger) বলে। ফিঙ্গারগুলি সরানো যায় না (অর্থাৎ ইহার

নিজের জায়গায় আবদ্ধ থাকে), আর ইহাদের প্রত্যেকটির তারের সাহায্যে রেজিস্ট্যান্সের সহিত যোগ থাকে। স্বতরাং হাতল ঘুরাইলে রেজিস্ট্যান্স কম-বেশী হয়, আর সেই সঙ্গে মোটরের গতিবেগও বাড়ে-কমে। অধিকাংশ কন্ট্রোলায়েই এমন ব্যবস্থা করা থাকে যাহাতে প্রয়োজন হইলে মোটরকে বিপরীত দিকেও ঘুরানো যায়। যখন সার্ভ মোটরের সহিত ব্যবহার করা হয়, তখন অনেক সময় কন্ট্রোলারের মধ্যেই সার্ভ ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স যোগ করা থাকে।

(৫) স্বয়ংক্রিয় স্টার্টার (Automatic Starters)

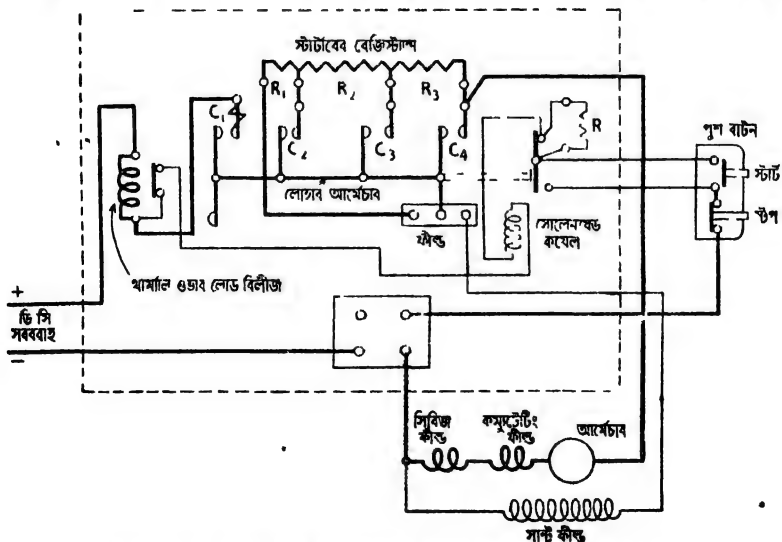
কার্যক্ষেত্রে অনেক সময় ডি. সি. মোটরের সহিত স্বয়ংক্রিয় স্টার্টার ব্যবহার করা হয়। হস্তচালিত স্টার্টারের তুলনায় ইহাতে অনেক বেশী সুবিধা পাওয়া যায়। যেমন, মোটর চালু করার সময় স্টার্টারের হাতলকে যদি হাত দিয়া ঠেলিয়া এক বোতাম হইতে অন্য বোতামের উপর খুব তাড়াতাড়ি সরাইয়া দেওয়া হয়, তবে তড়িৎ-প্রবাহ আঁতরিত্ত বৃদ্ধি পাইয়া সরবরাহ লাইনের ফিউজ-তারকে পোড়াইয়া ফেলিতে পারে, কিংবা সার্কিট-ব্রেকারকে খুলিয়া দিতে পারে। কিন্তু স্বয়ংক্রিয় স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স এক নির্দিষ্ট সময় পরে পরে উপযুক্ত পরিমাণে আঁর্মেচার-সার্কিট হইতে বাদ পড়ে বলিয়া মোটর চালু করিতে এইরূপ কোন অসুবিধা দেখা দেয় না। তাহা ছাড়া যেখানে মোটরকে মাঝে মাঝে চালু আর মাঝে মাঝে বন্ধ রাখিতে হয়, সেখানে ‘পুশ-বটন’ (push-button)-এর সাহায্যে স্টার্টারকে পরিচালনা করিতে পারিলে কাজ অনেক সহজে আর স্বচ্ছন্দে করা যায়। পুশ-বটন কেবলমাত্র স্বয়ংক্রিয় স্টার্টারেই ব্যবহার করা চলে, হস্তচালিত স্টার্টারে নহে। পুশ-বটন ছাড়াও ফ্লোট সুইচ (float switch), প্রেসার সুইচ (pressure switch) বা অন্য কোন স্বয়ংক্রিয় সুইচের সাহায্যে স্বয়ংক্রিয় স্টার্টারকে মোটর হইতে অনেক দূরে অবস্থিত এক বা একাধিক জায়গা হইতে পরিচালনা করা যায়। বিশেষতঃ বড় বড় মোটরকে যখন খুব দ্রুত গতিতে চালনা করিতে হয় (যেমন রোলিং মিল পরিচালনা), তখন স্বয়ংক্রিয় স্টার্টার ব্যবহার করিলে যতটা সহজে আর স্বস্তিভাবে মোটর পরিচালনা করা যায়, অন্য কোন স্টার্টার ব্যবহার করিলে তাহা পারা যায় না।

স্বয়ংক্রিয়ভাবে (automatic) একটি ডি. সি. মোটর চালু করিতে বা বন্ধ করিতে, কিংবা মোটরের গতিমুখ বিপরীত করিতে, চুম্বক-শক্তির দ্বারা পরিচালিত কতকগুলি সুইচ ব্যবহার করা হয়। এই সুইচগুলি “চুম্বকীয় কন্ট্যাক্টর” (magnetic contactors) নামে পরিচিত। কন্ট্যাক্টর বা বোতামগুলি দুই রকম অবস্থায় থাকিয়া কাজ করে। কতকগুলি বোতাম নিজের নিজের জায়গায় স্থিরভাবে (fixed) থাকে, আর কতকগুলি প্রয়োজনমত সামনে বা পিছনে সরিতে পারে (moving)। চুম্বক-শক্তি উৎপন্ন করা হয় একটি তড়িৎ-চুম্বকের সাহায্যে, আর সেই তড়িৎ-চুম্বক একটি সোলেনয়েড (Solenoid) কয়েলের মধ্যে লোহার “কোর” বসাইয়া তৈরী করা হয়। যখন সোলেনয়েড দিয়া কারেন্ট যায়, তখন লোহার কোর (core) তড়িৎ-চুম্বকে পরিণত হইয়া একটি লোহার আঁর্মেচারকে আকর্ষণ করে।

আর্থেচারের গায়ে কভকগুলি অন্তরিত (insulated) বৈদ্যুতিক কন্ট্যাক্ট বা বোতাম লাগানো থাকে। এইগুলিই চলনশীল কন্ট্যাক্টার। তড়িৎ-চুম্বক আর্থেচারকে আকর্ষণ করিলে চলনশীল কন্ট্যাক্টগুলি পর পর একটি নির্দিষ্ট সময়ের ব্যবধানে স্থির কন্ট্যাক্ট-গুলির সহিত আসিয়া মিলিত হইতে থাকে, আর সেই সঙ্গে স্টাটারের রেজিস্ট্যান্সও উপযুক্ত পরিমাণে আর্থেচার-সারকিট হইতে বাদ পড়িতে আরম্ভ করে। অবশেষে সবগুলি কন্ট্যাক্ট যখন পরস্পরের সহিত মিলিত হইয়া বন্ধ অবস্থায় থাকে, তখন স্টাটারের রেজিস্ট্যান্সের সমস্তটাই আর্থেচার-সারকিটের বাহিরে চলিয়া যায়; ফলে মোটর চালু করার কাজও তখন সম্পূর্ণ হয়।

যে বর্তনা দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ সোলেনয়েড কয়েলে যায়, তাহা খুলিয়া গেলে তড়িৎ-চুম্বক লোহার আর্মেচারকে আর ধরিয়া রাখিতে পাবে না। তখন স্প্রিংয়ের আকর্ষণেই হউক, কিংবা অল্প কোন উপায়েই হউক, আর্মেচার খোলা-অবস্থানে ফিরিয়া আসে; সঙ্গে সঙ্গে কন্ট্যাক্টের সংযোগ খুলিয়া যাওয়ায় সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগ ছিন্ন হয়। পিঁর কন্ট্যাক্টের সহিত চলনশীল কন্ট্যাক্টের সংযোগ যখন খুলিতে আরম্ভ করে, তখন উভয় কন্ট্যাক্টের মধ্যে বৈদ্যুতিক আর্ক উৎপন্ন হইতে থাকে। মোটর বড় হইলে তড়িৎ-প্রবাহ এত বেশী হয় যে, স্টার্টারের মধ্যে “ম্যাগনেটিক ব্লো-আউট কয়েল” (magnetic blow-out coil) ব্যবহার করিয়া তবে এই আর্ক নির্পাতিত করিতে হয়।

১৩৪নং চিত্রে একটি ইন্টারপোল গুয়াল কম্পাউণ্ড মোটর ও একটি স্বয়ংক্রিয় স্টার্টারের মধ্যে সংযোগ দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি পুশ-বাটনের সাহায্যে পরিচালিত স্টার্টার। যে বোতামের উপরে “স্টার্ট” (Start) কথাটি লেখা থাকে,



ইনটারপোল ওয়ালা কম্পাউন্ড মোটরের সহিত স্বয়ংক্রিয় স্টার্টারের সংযোগ

১৩৪নং চিহ্ন

তাহাকে চাপিয়া ধরিলে সোলেনয়েড কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে আরম্ভ করে। তখন কয়েলের চুম্বক উত্তেজন পায় বলিয়া উহার আকর্ষণে আর্মের চার ডান দিকে সরিয়া আসে। সঙ্গে সঙ্গে বাঁ দিকের সর্বশেষ কন্ট্যাক্ট C_1 বন্ধ হইয়া সান্ট ফীল্ডকে সরবরাহ লাইনের সহিত যুক্ত করিয়া দেয়; আর ঐ একই সময়ের মধ্যে সিরিজ ফীল্ড, কমুটেটিং ফীল্ড (অর্থাৎ ইন্টারপোলার কয়েল) এবং আর্মের চার স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্সের R_1 , R_2 ও R_3 —এই তিন অংশের সহিত সিরিজে থাকিয়া সরবরাহ লাইনেব সহিত যুক্ত হয়। স্টার্টারের মধ্যে এমন যান্ত্রিক ব্যবস্থা করা থাকে যাহাতে চলনশীল কন্ট্যাক্টগুলি একে একে স্থির কন্ট্যাক্টের (চিত্রে C_2 , C_3 এবং C_4 -দ্বারা চিহ্নিত) সহিত আসিয়া মিলিত হইতে পারে, আর ইহাতে R_1 , R_2 এবং R_3 এক নির্দিষ্ট সময় পরে পরে স্ট-সার্কিট হইয়া আর্মের চার-সার্কিটের বাহিরে চলিয়া যায়। সোলেনয়েড কয়েলেব সহিত R দ্বারা চিহ্নিত যে রেজিস্ট্যান্সটি সিরিজে যোগ করা থাকে, মোটর চালু করার সময় একটি স্ফিচের সাহায্যে তাহাকে স্ট-সার্কিট করিয়া বাধা হয়। সবগুলি কন্ট্যাক্ট বন্ধ হওয়ার পরে ঐ স্ফিচটি যখন খুলিয়া যায়, তখন কয়েলেব সহিত R সিরিজে যুক্ত হইয়া তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ হ্রাস করে। ইহাতে সোলেনয়েড কম গরম হয়। তবে পরিমাণ হ্রাস পাইলেও কন্ট্যাক্টগুলিকে বন্ধ করিয়া রাখিবার পক্ষে যথেষ্ট কারেন্ট কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইতে থাকে।

যে বোতামের উপর “স্টপ” (Stop) কথাটি লেখা থাকে, তাহাতে চাপ দিলে সোলেনয়েড কয়েলের বর্তনী খুলিয়া যায়। তখন কারেন্ট যাওয়া বন্ধ হয় বলিয়া ঐ কয়েলেব চুম্বকে আর উত্তেজন থাকে না, ফলে স্প্রিংয়ের আকর্ষণে আর্মের চার খোলা-অবস্থানে ফিরিয়া আসে, আর সঙ্গে সঙ্গে কন্ট্যাক্টগুলির সংযোগ খুলিয়া যায় বলিয়া সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগ ছিন্ন হয়।

মোটরে বেশী লোড পড়িলে তড়িৎ-প্রবাহ অতিরিক্ত বৃদ্ধি পাইয়া যাহাতে আর্মের চারকে পোড়াইয়া ফেলিতে না পারে সেইজন্য সোলেনয়েড কয়েলের সার্কিটে অনেক সময় “থার্ম্যাল ওভার-লোড রিলীজ কয়েল” (thermal over-load release coil) ব্যবহার করা হয়। লাইনে কারেন্ট বৃদ্ধি পাইলে ওভার-লোড কয়েল খুব বেশী গরম হইয়া ওঠে, আর স্টার্টারে এমন ব্যবস্থা করা থাকে যে, ওভার-লোড কয়েল বেশী গরম হইয়া উঠিলেই সোলেনয়েড কয়েলের সার্কিট খুলিয়া যায়। তখন মোটরে আর কারেন্ট প্রবেশ করিতে পারে না।

(৬) থার্ম্যাল প্রোটেকশন (Thermal Protection)

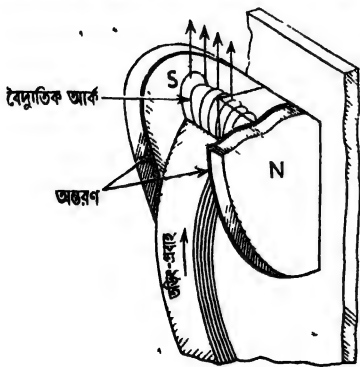
স্বয়ংক্রিয় স্টার্টাবে বা কন্ট্রোলারে গ্রায়েই এমন ব্যবস্থা করা থাকে যাহাতে মোটরে অতিরিক্ত কারেন্ট প্রবেশ করিয়া আর্মের চার বা ফীল্ড-কয়েলের কোন ক্ষতি করিতে না পারে। এই উদ্দেশ্যে স্টার্টারের সহিত সার্কিট-ব্রেকার কিংবা ফিউজ-তার কিংবা ওভার-লোড রিলীজ কয়েল ব্যবহার করা হয়। যদি কোন কারণে মোটর চালু হইতে না পারে, অথবা চলিতে চলিতে আর্মের চার যদি হঠাৎ থামিয়া যায়, অথবা

মোটর যদি অনবরত বেশী লোড লইয়া চলিতে থাকে, তবে সরবরাহ লাইনের সহিত সংযোগ খুলিয়া দিয়া ইহার। মোটরকে রক্ষা করে। ইহাদের মধ্যে থার্ম্যাল ওভার-লোড রিলীজ কয়েল কিভাবে কাজ করে তাহাই এখানে বলা হইতেছে :

থার্ম্যাল রিলে প্রধানতঃ একটি থার্মোস্ট্যাট (thermostat) লইয়া গঠিত। যে বর্তনী দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইয়া স্টার্টারকে নিয়ন্ত্রণ করে, থার্মোস্ট্যাটের কন্ট্যাক্টসমূহ তাহার সহিত সিরিজে লাগানো থাকে। স্বাভাবিক অবস্থায় কন্ট্যাক্ট-গুলির সংযোগ বন্ধ থাকে। কিন্তু তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণঃখুব বেশী বৃদ্ধি পাইলে মোটর যখন অতিরিক্ত গরম হইয়া উঠিতে আরম্ভ করে, তখন এই সংযোগ খুলিয়া যায় ; ফলে স্টার্টারের হাতল বা আর্মের চোলা-অবস্থানে ফিরিয়া আসে, আর সেই সঙ্গে মোটরে বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ হইয়া যায়। মোটর গরম হইয়া উঠিলেও কোন কারণে স্টার্টারের হাতল যদি খোলা-অবস্থানে ফিরিয়া আসিতে না পারে, তখন যাহাতে বিপদের সংকেত বাহির হইতে পাওয়া যায় সেইজন্য অনেক সময় থার্মোস্ট্যাটের সঙ্গে বাতি কিংবা বৈদ্যুতিক ঘণ্টা ব্যবহার করা হয়। থার্মোস্ট্যাটের কন্ট্যাক্ট খুলিয়া গেলেই ঐ বাতি জলিয়া ওঠে কিংবা বৈদ্যুতিক ঘণ্টা বাজিতে আরম্ভ করে।

(৭) ম্যাগনেটিক ব্লো-আউট (Magnetic Blow-Outs)

কন্ট্রোলার কিংবা সারকিট-ব্রেকারের কন্ট্যাক্টগুলি যখন একে একে খুলিতে থাকে, তখন স্থির কন্ট্যাক্ট আর চলনশীল কন্ট্যাক্টের মধ্যে বৈদ্যুতিক আর্ক (electric arc) উৎপন্ন হইতে আরম্ভ করে। এই আর্ক যদি কিছুক্ষণ স্থায়ী হয়, তবে তাহা কন্ট্যাক্টের ক্ষতি করে, এমন কি কন্ট্যাক্টগুলি খুব বেশী গরম হইয়া পুড়িয়া যাইতে পর্যন্ত পারে। তাই উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে আর্ককে যাহাতে নির্বাণিত করা যায় সেই উদ্দেশ্যে কন্ট্রোলারে অথবা সারকিট-ব্রেকারে “ম্যাগনেটিক ব্লো-আউট” ব্যবহার করা হয়। ম্যাগনেটিক



ম্যাগনেটিক ব্লো-আউট

১৩৫নং চিত্র

ব্লো-আউট একটি তড়িৎ-চুম্বক লইয়া গঠিত। এই চুম্বক এমনভাবে বসানো থাকে যাহাতে উহার রেখাপ্রবাহ আর্কের সহিত আড়াআড়ি-ভাবে অবস্থান করিতে পারে। ইহাতে চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত কোন পরিবাহী দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় যে প্রতিক্রিয়ার সৃষ্টি হয়, আর্কের উপরেও সেই প্রতিক্রিয়া দেখা দেয়। কন্ট্যাক্ট খুলিয়া যাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে আর্ক উৎপন্ন হয়, আর কারেন্ট সেই আর্কের মধ্য দিয়া স্থির কন্ট্যাক্ট হইতে চলনশীল কন্ট্যাক্টে যায়। তখন আর্ক চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত একটি পরিবাহী হিসাবে কাজ করিতে আরম্ভ করে, আর চুম্বক বলের দ্বারা সহিত সমকোণে উৎপন্ন করিয়া ঐ আর্কের মধ্য দিয়া

তড়িৎ প্রবাহিত হয় বলিয়া স্ট্রেমিং-এর বায়ু হস্ত নিয়ম অল্পসারে বুঝাঙ্গুলী বৈদিক নির্দেশ করে, সেই দিকে ম্যাগনেটিক ব্রো-আউট আর্কে ঠেলিয়া দেয়। ফলে আর্কের লম্বাই এত বেশী বৃদ্ধি পায় যে, তাহা কন্ট্যাক্টের কিছু কতি করিবার পূর্বেই অতি শীঘ্র নির্বাপিত হয়।

যে তড়িৎ-প্রবাহকে বাধা দিলে আর্ক নির্বাপিত হয়, তাহার সহিত চূষক-ক্ষেত্রের প্রথরতা সমাপ্তপাতি হওয়া আবশ্যক। নচেৎ অধিক লোডে আর্ক যখন বেশী শক্তিশালী হইয়া ওঠে, তখন ম্যাগনেটিক ব্রো-আউট তাহাকে কন্ট্যাক্টের প্রান্তের দিকে ঠেলিয়া দিতে পারে না। সেইজন্য প্রত্যেক কন্ট্যাক্টেরই যে সারকিট দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তাহার সহিত ম্যাগনেটিক ব্রো-আউট কয়েল মিরিজে লাগানো থাকে। কন্ট্যাক্টের মধ্যে আর্ক উৎপন্ন হওয়ার সময় তড়িৎ-চূষকের দুই পোলের মুখের দিকে তাহা লাক দিয়া ঝাইতে চেষ্টা করে। আর্কের এই কাজ বন্ধ করার জন্য উভয় পোলের ভিতরের দিকের চারিধার উপযুক্ত মানের ইনসুলেশন বা অন্তরণ দিয়া ঢাকিয়া দেওয়া আবশ্যক। ১৩৫নং চিত্রে ইহা দেখানো হইয়াছে। যে-সকল সারকিট-ব্রেকার দিয়া খুব বেশী তড়িৎ প্রবাহিত হয়, অনেক সময় তাহাদের কন্ট্যাক্টের মধ্যে উৎপন্ন আর্কে একটি অপ্রশস্ত নালীর মধ্যে ঠেলিয়া দিয়া নির্বাপিত করা হইয়া থাকে। এই নালী “আর্ক শাটে” (arc shute) নামে পরিচিত। আর্কের লম্বাই যখন বৃদ্ধি পায়, তখন উহা আর্ক শাটের দেওয়ালে আসিয়া ঠেকে। সেখানে আর্ক ঠাণ্ডা হইয়া গেলে উহার ভিতর দিয়া তড়িৎ আর প্রবাহিত হইতে পারে না।

(৮) মাস্টার কন্ট্রোলার (Master Controllors)

যে সারকিটে উচ্চ বা অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপ ব্যবহার করা হয়, কিংবা যাহা দিয়া খুব বেশী কারেন্ট যায়, সেই সারকিট পরিচালনা করিতে মাস্টার কন্ট্রোলার ব্যবহার করা হইয়া থাকে। মাস্টার কন্ট্রোলার অপেক্ষাকৃত কম ভোল্টেজে কাজ করে, আর উহার মধ্য দিয়া খুব অল্প কারেন্ট যায়। প্রবান সারকিট খোলা হয় কিংবা বন্ধ করা হয় কতকগুলি রিলে (relays) অথবা কন্ট্যাক্টরের সাহায্যে, আর মাস্টার কন্ট্রোলার সেই সকল রিলে অথবা কন্ট্যাক্টরকে নিয়ন্ত্রণ করে।

৬-১৪। ডি. সি. মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ (Speed Control of D. C. Motors)

ডি. সি. মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করিতে বহু রকমের ব্যবস্থা কার্যক্ষেত্রে অবলম্বন করা হইয়া থাকে। একটি মোটর কিভাবে চলিবে তাহা যে কাজের জন্য মোটরটি নির্দিষ্ট হইয়াছে, সাধারণতঃ তাহার উপরেই নির্ভর করে। কোন কোন কাজে মোটরের গতিবেগ অনবরত পরিবর্তন করিতে হয়, কোথাও আবার মোটরকে কেবল-মাত্র কয়েকটি নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘুরাইলেই চলে। কোথাও আবার স্থল ধরনের কাজ করার সময় বেশিনকে যখন খুব আন্তে চালাইতে হয়, তখন মোটরের আর্থেচার প্রতি মিনিটে মাত্র অল্প কয়েক পাক ঘোরে। সুতরাং এই সকল কাজের কথা বিবেচনা

করিয়া, আর সর্বোপরি মোটরের গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে যে ধরনের সম্বন্ধ আছে তাহার প্রতি লক্ষ্য রাখিয়া, তবেই মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণের জন্য ব্যবস্থা অবলম্বন করা উচিত।

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, একটি ডি. সি. মোটর প্রতি মিনিটে যত পাক ঘোরে তাহা, অর্থাৎ

$$N = K \frac{E_b}{\phi}$$

$$= K \frac{V - I_a R_a}{\phi} \text{ অথবা } K \frac{V - I_a (R_a + R_{s,e})}{\phi}$$

এখানে ϕ = চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রতি পোলার দ্বারা উৎপন্ন বলরেখার সংখ্যা,

E_b = আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল,

V = মোটরের টার্মিনাল ভোল্টেজ,

I_a = আর্মেচারের কারেন্ট,

R_a = আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স,

$R_{s,e}$ = সিরিজ ফিল্ডের রেজিস্ট্যান্স,

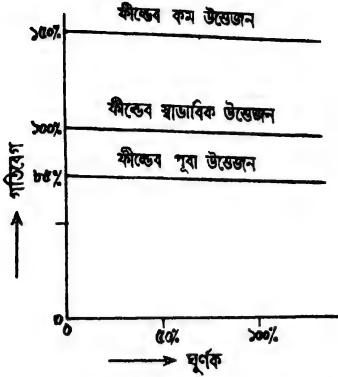
আর K একটি অপরিবর্তনীয় সংখ্যা (a constant)।

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে ϕ , I_a আর V —এই তিনটির যে-কোন একটিকে বা একাধিককে কম-বেশী করিয়া মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা চলে। কার্যক্ষেত্রে এই নিয়ন্ত্রণ কিভাবে সমাধা করা হয়, তাহা নিয়ে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল :

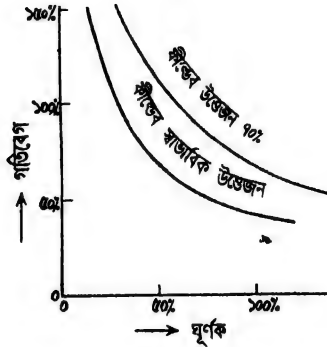
(১) চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রখরতা নিয়ন্ত্রণ (Field Control)

চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা কম-বেশী করিয়া মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা যায়। ইংরাজিতে এই ব্যবস্থাকে “ফীল্ড কন্ট্রোল” বলে। ফীল্ড-কয়েল দিয়া যে তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তাহার পরিমাণ কম বা বেশী করিলেই বলরেখার সংখ্যা কমে বা বাড়ে, আর মোটরের গতিবেগ ϕ -এর বিপরীত অনুপাতে হওয়ার জন্য ϕ যখন বাড়ে মোটরের গতিবেগ তখন কমে, আর ϕ যখন কমে মোটরের গতিবেগ তখন বাড়ে। সাঁট মোটরের ফীল্ড-কয়েলের সহিত সিরিজে একটি পরিবর্তনশীল রোধক যোগ করিয়া খুব সহজেই ফীল্ডের কারেন্ট কম-বেশী করা যায়। সিরিজ মোটরের ক্ষেত্রে অবশ্য এই কাজ করা হয় ফীল্ড-কয়েলের সহিত প্যার্যাললেলে একটি পরিবর্তনশীল রোধক যোগ করিয়া। সাঁট ফীল্ডের রোধক “রেগুলেটর” আর সিরিজ ফীল্ডের রোধক “ডাইভারটার” নামে পরিচিত। কোন কোন সিরিজ মোটরে ডাইভারটারের পরিবর্তে ফীল্ডে প্রয়োজনমত বেশী বা কম সংখ্যক পাকের মধ্য দিয়া যাহাতে কারেন্ট পাঠানো যায়, সেইরূপ বন্দোবস্ত করা থাকে। ফীল্ড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্সকে যত বাড়ানো যায়, ফীল্ড দিয়া ততই কম কারেন্ট প্রবাহিত হইতে থাকে; ফলে মোটরের গতিবেগ বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে। এই গতিবেগ মোটরের পক্ষে বিপজ্জনক হইয়া না ওঠা

পৰ্বত্ব ক্রমাগত তাহা বাডানো চলে। কিন্তু মোটরের সৰ্বনিম্ন গতিবেগ নির্ভর করে ফীল্ড দিয়া কত বেশী কারেন্ট পাঠানো যায় তাহার উপর। ফীল্ড-কয়েল গরম হইয়া উঠিলে উহাতে আর বেশী কারেন্ট দেওয়া যায় না, তখন মোটরের গতিবেগও আর কম করা চলে না। চুষক বলরেখার সংখ্যা পরিবর্তন করার সময় সাঁট মোটর ও সিরিজ মোটরের ক্ষেত্রে মোটরের গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে যে ধরনের সম্বন্ধ থাকে, তাহা যথাক্রমে ১৩৬(ক)নং ও ১৩৬(খ)নং চিত্র দুইটিতে দেখানো হইয়াছে।



সাঁট মোটরের গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে সম্বন্ধ
১৩৬(ক)নং চিত্র



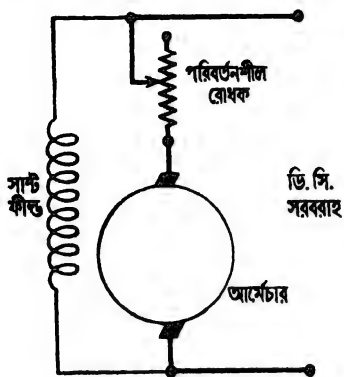
সিরিজ মোটরের গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে সম্বন্ধ
১৩৬(খ)নং চিত্র

ফীল্ড-সার্কিটে পরিবর্তনশীল রোধক ব্যবহার না করিয়াও আর্মেচারের পরিবাহীর সহিত সংশ্লিষ্ট চুষক বলরেখার সংখ্যা কম বা বেশী করা যায়। কোন কোন মোটরে এই কাজ করা হয় কখন যুবন্ত আমেচারের কিছু অংশকে চুষক-ক্ষেত্রের বাহিরে পাঠাইয়া, আব কখন আমেচারকে পুরাপুরি চুষক-ক্ষেত্রের মধ্যে চালু রাখিয়া। আর্মেচারের কিছু অংশ যখন চুষক-ক্ষেত্রের বাহিরে থাকে, তখন পরিবাহীর সহিত সংশ্লিষ্ট বলরেখার সংখ্যা হ্রাস পায়, ফলে মোটর বেশী জোরে ঘুরিতে আরম্ভ করে। আবার যখন আর্মেচার পুরাপুরি চুষক-ক্ষেত্রের মধ্যে থাকে, তখন অধিক সংখ্যক বলরেখা পরিবাহীর সহিত সংশ্লিষ্ট হয় বলিয়া মোটর অপেক্ষাকৃত আন্তে চলে। এই পদ্ধতির সাহায্যে মোটরের গতিবেগ খুব স্থগ্ধভাবে নিয়ন্ত্রণ করা যায়, আর আবর্তনের সংখ্যা অনেক বেশী বাড়ানো বা কমানো চলে। সর্বোচ্চ আর সর্বনিম্ন গতিবেগের মধ্যে তখন ১০ : ১ পৰ্বত্ব অল্পপাত হইতে পারে। এই ধরনের মোটরে সাধারণতঃ ইন্টারপোল ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

(২) পরিবর্তনশীল রোধকের সাহায্যে আর্মেচারের বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ নিয়ন্ত্রণ (Resistance Control)

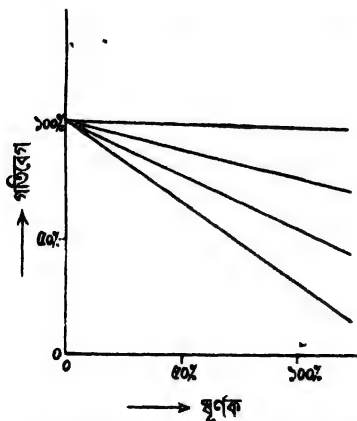
আর্মেচারের সহিত সিরিজে রেজিস্ট্যান্স যোগ করিয়া (১৩৭নং চিত্র) ডি. সি. মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা চলে। ইংরাজিতে এই পদ্ধতিকে “রেজিস্ট্যান্স

কণ্ট্রোল" বলে। রেজিস্ট্যান্স সিরিজে লাগানো থাকে বলিয়া আর্মেচারের কারেন্ট যখন উহান্ন মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়, তখন ঐ রেজিস্ট্যান্সে তড়িৎ-চাপের পতন ঘটে। রেজিস্ট্যান্স বেশী হইলে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি বাড়ে, আর তাহা কমিলে তড়িৎ-

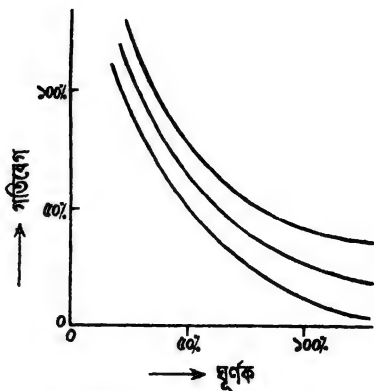


আর্মেচারের সহিত সিরিজে পরিবর্তনশীল
রোধকের ব্যবহার
১৩৭ নং চিত্র

চাপের ঘাটতিও কমে; ফলে রেজিস্ট্যান্স কম-বেশী করিয়া আর্মেচারের বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ আর সেই সঙ্গে মোটরের গতিবেগ প্রয়োজনমত বাড়ানো বা কমানো চলে। এই পদ্ধতির সাহায্যে মোটরের সর্বোচ্চ আর সর্বনিম্ন গতিবেগের মধ্যে পার্থক্য খুব বেশী রাখা যায়। মোটর যখন প্রতি মিনিটে অল্প কয়েক পাক মাত্র ঘোরে, তখন গতিবেগ নিয়ন্ত্রণের জন্য সাধারণতঃ এই ব্যবস্থাই অবলম্বন করা হইয়া থাকে। তবে ইহাতে একটি বড় রকমের অসুবিধাও দেখা দেয়। আবর্তনের সংখ্যা খুব বেশী কমাইতে গেলে আর্মেচারের সঙ্গে রেজিস্ট্যান্স অধিক পরিমাণে সিরিজে যোগ করিতে হয়। তখন ঐ রেজিস্ট্যান্সে খুব বেশী শক্তির অপচয় (power loss) ঘটে, আর একই সঙ্গে মোটরের কর্মক্ষমতাও (efficiency) বহুলাংশে হ্রাস পায়। সিরিজে রেজিস্ট্যান্স যোগ করিলে মোটরের গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে যে ধরনের সম্বন্ধ হয়, তাহা স্টাট মোটরের ক্ষেত্রে ১৩৮(ক)নং চিত্রে আর সিরিজ মোটরের ক্ষেত্রে ১৩৮(খ)নং চিত্রে প্রদর্শিত বিশিষ্টতা-রেখার অনুরূপ।

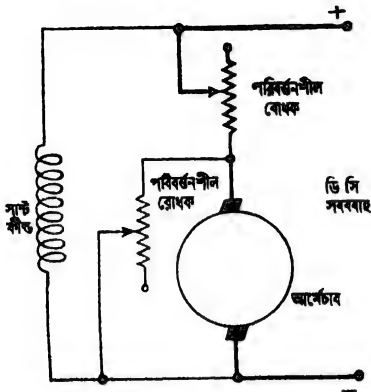


স্টাট মোটরের গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে সম্বন্ধ
১৩৮(ক)নং চিত্র

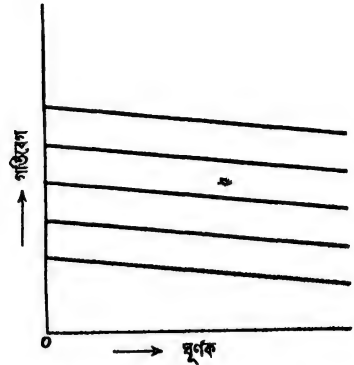


সিরিজ মোটরের গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে সম্বন্ধ
১৩৮(খ)নং চিত্র

আর্মেচারের সহিত সিরিজে রেজিস্ট্যান্স যোগ করিয়া মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা খুব সহজ, কিন্তু যেখানে লোড অনবরত কম-বেশী হইতে থাকে, সেখানে এই পদ্ধতি ব্যবহার করার সময় যথেষ্ট অসুবিধা দেখা দেয়। অল্প লোডে মোটরকে যখন 'আন্তে' চালাইবার প্রয়োজন হয়, তখন আপনা হইতেই উহার গতিবেগ বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে। এই অসুবিধা দূর করিবার জন্য অনেক সময় তাই আর্মেচার-সার্কিটে দুইটি করিয়া রেজিস্ট্যান্স ব্যবহার করা হয়, একটি আর্মেচারের সহিত প্যার্যাললে আর অন্যটি সিরিজে। ১৩২(ক)নং চিত্রে এই সংযোগ দেখানো হইয়াছে। রেজিস্ট্যান্স



আর্মেচার-সার্কিটে দুইটি রেজিস্ট্যান্সের সংযোগ
১৩২(ক)নং চিত্র

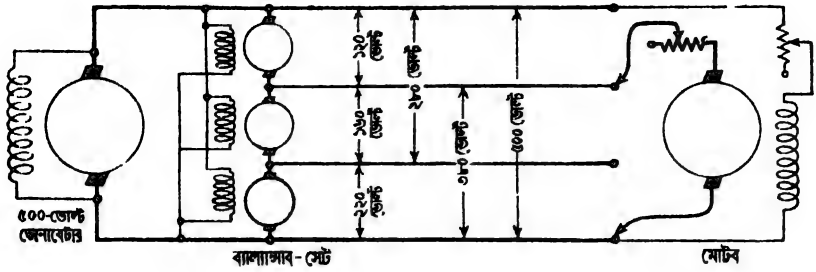


মোটরের গতিবেগ আর বৃদ্ধকের মধ্য সম্বন্ধ
১৩২(খ)নং চিত্র

দুইটিকে উপযুক্ত পরিমাণে কম-বেশী করিয়া লোডের যে-কোন অবস্থাতেই মোটরকে নির্দিষ্ট গতিবেগে চালানো যায়। ১৩২(খ)নং চিত্রটি লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারিবে।

(৩) আর্মেচারের দুই প্রান্তের মধ্যে বিভিন্ন মানের তড়িৎ-চাপ প্রয়োগ (Multivoltage System)

আর্মেচারের দুই প্রান্তের মধ্যে যে তড়িৎ-চাপ প্রয়োগ করা হয়, তাহার পরিমাণ কম-বেশী করিয়া মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা চলে। ইংরাজিতে এই পদ্ধতিকে “মাল্টিভোল্টেজ কন্ট্রোল” বলে। এই নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থায় মোটরের সার্কিটে স্থায়ীভাবে এক নির্দিষ্ট তড়িৎ-চাপ প্রয়োগ করা থাকে, আর সাধারণতঃ “ব্যালান্সার-সেট” (balancer set)-এর সাহায্যে আর্মেচারে বিভিন্ন মানের ভোল্টেজে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয়। সরবরাহ ব্যবস্থায় যদি চারিটি আলাদা লাইন থাকে (১৪০নং চিত্র), তবে আর্মেচারে প্রান্তে ছয়টি ভিন্ন মানের ভোল্টেজ পাওয়া যায়। প্রত্যেক ভোল্টেজ আর্মেচারকে এক নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘুরায়। এই গতিবেগ আবার সার্কিটের রেগুলেটরের সাহায্যেও কিছুটা কম-বেশী করা চলে।



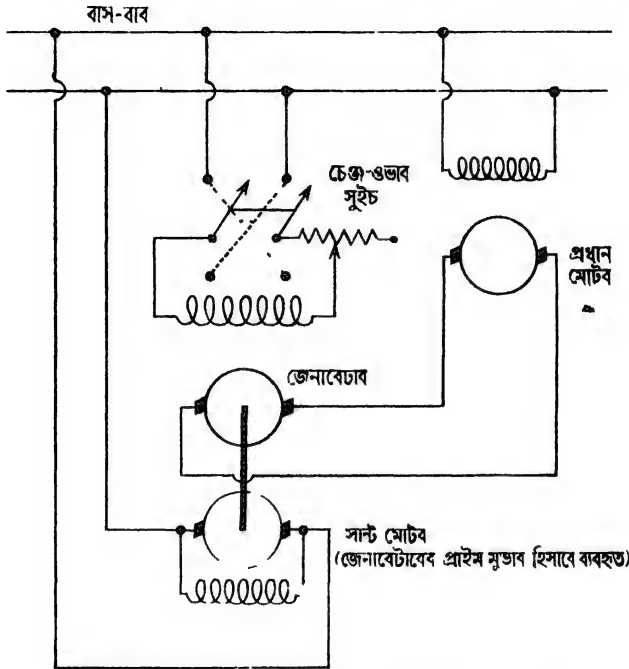
মাস্টিভাটেন্স পদ্ধতিতে মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ
১৪০ নং চিত্র

যেহেতু বিদ্যুৎ সরবরাহ করিতে ব্যালান্সার-সেট আব অনেকগুলি লাইন প্রয়োজন হয়, সেইজন্য এই পদ্ধতির ব্যবহার কার্যক্ষেত্রে খুবই সীমাবদ্ধ, কারণ ইহাতে খরচ অনেক বেশী পড়ে। তবে যেখানে একাধিক উত্তোলন করিবার যন্ত্র বা এলিভেটর (elevator) একত্রে পরিচালনা করিতে হয়, সেখানে মোটর চালু করার পক্ষে এই ব্যবস্থা অতিশয় উপযোগী। রেজিস্ট্যান্সের সাহায্যে মোটর চালু করিলে বৃথেক পরিমাণে তড়িৎ-শক্তির অপচয় ঘটে। তাই যে কাজের জন্য মোটরকে বারে বারে বন্ধ করিয়া আবার চালু করিতে হয়, সেই সকল কাজে মাস্টিভাটেন্স পদ্ধতি ব্যবহার করিলে তড়িৎ-শক্তির অপচয় উল্লেখযোগ্য পরিমাণে হ্রাস পায়।

(৪) ওয়ার্ড-লিয়োনার্ড পদ্ধতি (Ward-Leonard System)

এই পদ্ধতির সাহায্যে গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করিতে হইলে মোটরের আর্মেচারে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার জন্য এমন একটি জেনারেটর ব্যবহার করিতে হয় যাহার ভোল্টেজ প্রয়োজনমত কম বা বেশী করা চলে। জেনারেটরের আর্মেচারকে অল্প একটি মোটরের দ্বারা সর্বদা একই গতিবেগে ঘুরানো হয়। উহার ফীল্ড-কয়েলের সহিত একটি পবিত্তনশীল বোধক সিবিজে যোগ করা থাকে, আব সরবরাহ লাইনের সহিত তাহাদের সংযুক্ত করা হয় একটি “চেঞ্জ-ওভার স্কেইচ” (change-over switch)-এর সাহায্যে (১৪১নং চিত্র)। স্কেইচকে উপরের দিকে তুলিয়া দিলে জেনারেটরের চুম্বকগুলি যে মেরু লাভ কবে, নীচের দিকে নামাইয়া দিলে চুম্বকের মেরু তাহার ঠিক বিপরীত হয়। সুতরাং জেনারেটরের চুম্বক-ক্ষেত্রের উত্তেজনা ও চুম্বকের মেরু প্রয়োজনমত বদল করা যায়, আর সেই সঙ্গে উহার আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপের পরিমাণ কম-বেশী ও অভিমুখের দিক পবিত্তিত হইতে থাকে। এই জেনারেটর হইতেই প্রধান মোটরে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয় বলিয়া ঐ মোটরের আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ আব তাহার অভিমুখ (direction) ইচ্ছামত বদল করা যাইতে পারে। প্রধান মোটরের ফীল্ড সরবরাহ লাইনের সহিত স্বাভিভাবে যুক্ত থাকে, তাই উহার চুম্বক-ক্ষেত্রের উত্তেজনা পরিবর্তিত হয় না; কিন্তু আর্মেচারের কারেন্ট আর তাহার অভিমুখ কম-বেশী করা যায় বলিয়া মোটরের

বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপের (back e.m.f.) পরিমাণ আর অভিমুখ প্রয়োজনীয়ত বদল করা চলে। হুতরাং এই ব্যবস্থায় মোটরের আবর্তনকে বত ইচ্ছা তত, এমন কি শূন্য হইতে সর্বোচ্চ গতিবেগ পর্যন্ত, কম-বেশী করা সম্ভব হয়। সরবরাহ লাইনে যদি পবিবর্তী বিভাৎ-প্রবাহ থাকে, তবে জেনারেটাবে চালাইতে ডি. সি. মোটরেব পবিবর্তে সিন্ক্রোনাস কিংবা স্কুইল্-কেজ ইণ্ডাকশন মোটব ব্যবহাব কবা হয়।



ওয়ার্ড লিয়োনার্ড পদ্ধতির সাহায্যে মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ

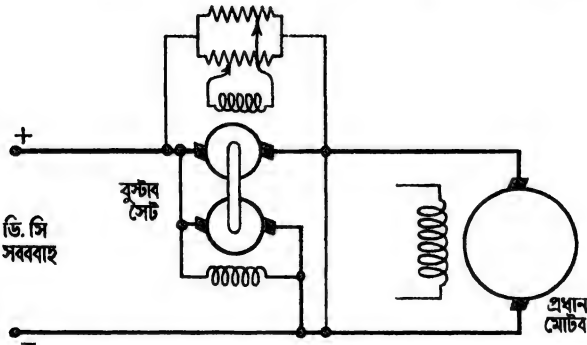
১৪১ নং চিত্র

ওয়ার্ড লিয়োনার্ড পদ্ধতির সাহায্যে গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করিতে হইলে তিনটি মেশিনের প্রয়োজন হয়। এই তিনটি মেশিনেব প্রত্যেকটির ক্ষমতা প্রধান মোটরেব পুবা লোডেব উপযোগী হওয়া দবকাব। তাই ইহাতে খরচ বেশী পড়ে, আর সেইজন্য এই পদ্ধতির ব্যবহাব কার্ধক্ষেত্রে অতিশয় সীমাবদ্ধ। তবে যেখানে বড় বড় মেশিনকে খুব দ্রুত গতিতে পবিচালনা করিতে হয়, সেখানে এই ব্যবস্থার সাহায্যে মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করিলে ভাল ফল পাওয়া যায়। কয়লা খনির ইঞ্জিন বা রোলিং মিল চালনাকারী মোটরকে অনেক সময় ওয়ার্ড-লিয়োনার্ড পদ্ধতির সাহায্যেই নিয়ন্ত্রণ করা হইয়া থাকে। যে-সকল কাজে মোটরেব আবর্তনের অভিমুখ বাবে বাবে পরিবর্তন করিতে হয়, সেই সকল কাজের পক্ষেও এই পদ্ধতি অতিশয় উপযোগী। লিফট,

প্লানার মেশিন (Planer) প্রভৃতি পরিচালনা করা এই ধরনের কাজ। বিভিন্ন ধরনের কাজের পক্ষে যাহাতে উপযুক্ত হয় সেইজন্য ওয়ার্ড-লিয়োনার্ড পদ্ধতিকে কার্য-ক্ষেত্রে নানা রকমে ব্যবহার করিতে দেখা যায়, তবে কোন ক্ষেত্রেই এই পদ্ধতির মৌলিক নিয়মের কোন পরিবর্তন করা হয় না।

(৫) বুস্টারের সাহায্যে আর্মেচারের তড়িৎ-চাপ নিয়ন্ত্রণ (Booster Control)

যেখানে সরবরাহ লাইন দ্বারা অল্পবর্তী বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়, সেখানে আর্মেচারেব সহিত সিরিজে একটি বুস্টার ব্যবহার করিয়া মোটরের প্রান্তিক চাপকে নির্দিষ্ট মান অপেক্ষা কম বা বেশী করা যায়। বুস্টার এবং মোটরের এই সংযোগ ১৪২নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। মোটরের প্রান্তে সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা যতটা বেশী ভোল্টেজ দরকার হয়, বুস্টার কেবলমাত্র ততটা ভোল্টেজই উৎপন্ন করে। তাই ওয়ার্ড-লিয়োনার্ড পদ্ধতির দ্বারা ইহাতে তিনটি আলাদা মেশিনের প্রয়োজন হইলেও বুস্টার এবং উহাব পরিচালক মোটর উভয়ের ক্ষমতা প্রধান মোটরের পূর্ণ লোডেব তুলনায় অনেক কম থাকে। বুস্টার আর্মেচারে বেশী ভোল্টেজ সরবরাহ করিলে মোটরের গতিবেগ বাড়ে, আব সেই ভোল্টেজ কম হইলে মোটরের গতিবেগও কমে।



বুস্টারের সাহায্যে ডি. সি. মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ

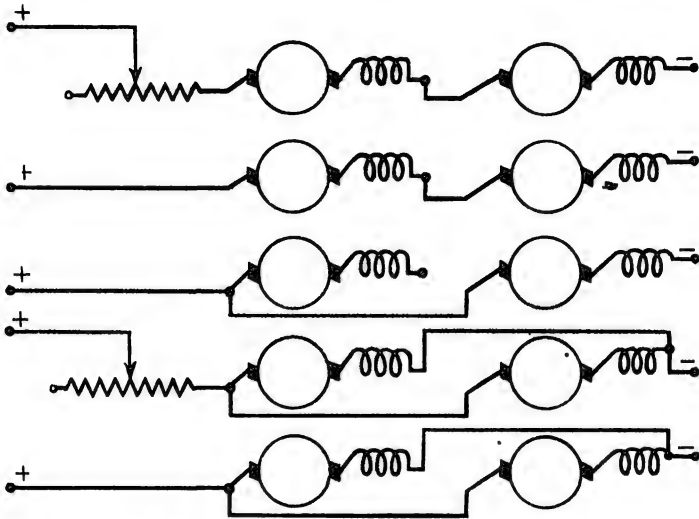
১৪২ নং চিত্র

সরবরাহ লাইনে পবিতরী বিদ্যুৎ-প্রবাহ থাকিলে বুস্টারের পরিবর্তে ‘মার্কেউরি-আর্ক রেকটিফায়ার’ (Mercury-arc Rectifier) ব্যবহার করিয়া আর্মেচারে বিভিন্ন মানের ভোল্টেজে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা যায়। সেক্ষেত্রে রেকটিফায়ারের ‘গ্রিড’ (grid)-কে নিয়ন্ত্রণ করিয়া ভোল্টেজ কম-বেশী করা হয়।

(৬) সিরিজ-প্যার্যালেল নিয়ন্ত্রণ (Series-Parallel Control)

গতিবেগ নিয়ন্ত্রণের এই পদ্ধতি প্রধানতঃ সিরিজ আর কম্পাউণ্ড মোটরের ক্ষেত্রেই ব্যবহার করা হয়। ট্রাঙ্কে, ট্রিল বাসে কিংবা বৈদ্যুতিক ট্রেনে ছই বা ততোধিক সিরিজ অথবা কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর একত্র হইয়া গাড়ী চালায়। তাহাদের

প্রত্যেকের ক্ষমতা (horse power) সমান, আর সব ক্ষমতী মোটরই লাইন-ভোল্টেজের উপযোগী। চালু করার সময় যখন সবগুলি মোটর সিরিজে যোগ করা থাকে, তখন প্রত্যেক মোটরের টার্মিনালে লাইন-ভোল্টেজের সমান অংশ কাজ করে। ১৪৩ নং চিত্রে এইরূপ দুইটি সিরিজ মোটরের সংযোগ দেখানো হইয়াছে। এক্ষেত্রে চালু করার সময় প্রত্যেক মোটর লাইন-ভোল্টেজের অর্ধেক পায়। তাহা ছাড়া আরম্ভচারের সঙ্গে সিরিজে পরিবর্তনশীল রোধক (কন্ট্রোলার) যোগ করা থাকে বলিয়া চালু করার সময় মোটরে কম কারেন্ট যায়, আর ইহাতে শক্তির অপচয় কম হয়। যখন একে একে কন্ট্রোলারের সব রেজিস্ট্যান্স বাদ পড়ে, তখন দুইটি মোটর



সিরিজ-প্যার্যালেল পদ্ধতিতে সিরিজ মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ
১৪৩ নং চিত্র

সিরিজে থাকিয়া ঘুরিতে আরম্ভ করে। এই সময় তাহাদের সংযোগ প্যার্যালেলে বদল করিয়া দিয়া আবার কন্ট্রোলারের রেজিস্ট্যান্স লাইনের সঙ্গে সিরিজে যোগ করিতে হয়, কারণ মোটরের আরম্ভচারে তখন কেবলমাত্র অর্ধেক পরিমাণ বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট থাকে। পরে আবার একটু একটু করিয়া কন্ট্রোলারের রেজিস্ট্যান্স বাদ দেওয়া হয়। যখন দ্বিতীয়বার সব রেজিস্ট্যান্স বাদ পড়ে, তখন দুইটি মোটরই লাইনের পূরা ভোল্টেজ পায় আর সর্বোচ্চ গতিবেগে চলিতে থাকে।

(৭) মাল্টিপল-ইউনিট লিম্বল্ডন (Multiple-Unit Control)

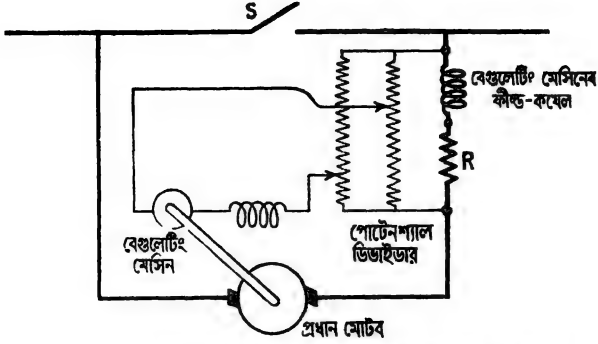
বৈজ্ঞানিক রেলগাড়ীতে যখন বড় বড় মোটর ব্যবহার করা হয়, তখন চালু করিবার সময় মোটর এত বেশী কারেন্ট লইতে থাকে যে, সিরিজ-প্যার্যালেল নিয়ন্ত্রণ ব্যবহার করিতে গেলে কন্ট্রোলারের আয়তন, পরিচালকের নিরাপত্তা, খরচ প্রভৃতি লইয়া

নানা প্রকার সমস্যা দেখা দেয়। তাহা ছাড়া ভিন্ন ভিন্ন কামরায় যতগুলি মোটর থাকে, তাহাদের এক জায়গা হইতে একই সঙ্গে আর একই রকমে যাহাতে নিয়ন্ত্রণ করা যায়, গাড়ীতে সেইরূপ বন্দোবস্ত পাকাও দরকার। মাস্টিপল-ইউনিট নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থায় এই কাজ খুব স্বচ্ছন্দে আর সহজভাবে করা চলে। ইহাতে কামরার নীচে যে সোলেনয়েড বসানো থাকে, তাহার সাহায্যে পরিচালিত কন্ট্যাক্টরসমূহ (contactors) হইচের কাজ করে। কন্ট্যাক্টরগুলি “ট্রেন লাইন” (train line) নামে পরিচিত একটি সাহায্যকারী বর্তনীর (auxiliary circuit) দ্বারা পরিচালিত হয়, আর সেই বর্তনী সমগ্র ট্রেনের এক প্রান্ত হইতে অল্প প্রান্ত পর্যন্ত বিস্তৃত থাকে। সাহায্যকারী বর্তনী যখন গাড়ীর এক কামরা হইতে অল্প কামরায় যায়, তখন উহার সংযোগ বজায় রাখিতে “প্লাগ” আর “সকেট” (plug and socket) ব্যবহার করা হয়। এই প্লাগ আর সকেট দুই কামরার মধ্যে “কাপ্লার” (coupler)-এর ভিতর বসানো থাকে। গাড়ীর চালক একটি মাস্টার কন্ট্রোলারের সাহায্যে মোটরগুলি নিয়ন্ত্রণ করে, আর সেই মাস্টার কন্ট্রোলারের মধ্য দিয়াই তড়িৎ-প্রবাহ ট্রেন লাইনে যায়। যেহেতু ট্রেন লাইন মাত্র ২'৫ অ্যাম্পিয়ারের মত কারেন্ট বহন করে, অতএব মোটরের ক্ষমতার তুলনায় অনেক ছোট আকারের কন্ট্রোলার এই কাজে ব্যবহার করা চলে। তাহা ছাড়া এই ব্যবস্থায় আরও একটি বিশেষ সুবিধা পাওয়া যায়। চালু হওয়ার পরে মোটরের গতিবেগ যখন ক্রমে ক্রমে বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে, তখন কন্ট্রোলারের রেজিস্ট্যান্স স্বয়ংক্রিয় কন্ট্যাক্টরের সাহায্যে একটি নির্দিষ্ট সময় পরে পরে একটু একটু করিয়া আর্মেচার-সার্কিট হইতে বাদ পড়ে। এই কাজ গাড়ীর চালকের নিয়ন্ত্রণাধীনে থাকে না, ফলে মোটরের গতিবেগ সমানভাবে বৃদ্ধি পায়, আর হঠাৎ বেশী কারেন্ট আর্মেচারে প্রবেশ করিয়া সার্কিট-ব্রেকার খুলিয়া দিতে কিংবা অল্প কোন যত্নপাতির ক্ষতি করিতে পারে না।

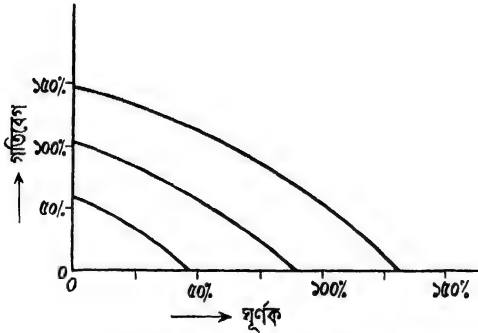
(৮) তড়িৎ-প্রবাহকে অপরিবর্তিত রাখিয়া নিয়ন্ত্রণ করা (The Constant-Current System)

মাটি কাটা জাহাজ, খনন করার যন্ত্র (excavator), জাহাজের কাছি জড়াইবার যন্ত্র (capstan) বা চরকি কল (windlass) প্রভৃতি পরিচালনা করিতে অনেক সময় মোটরকে যখন একেবারে দাঁড় করানো অবস্থায় রাখিতে হয়, তখন তড়িৎ-প্রবাহকে অপরিবর্তিত রাখিয়া বিদ্যুৎ সরবরাহ করিলে ভাল ফল পাওয়া যায়। এই কাজের জন্য এমন একটি জেনারেটর ব্যবহার করা হয় যাহা লোড কম-বেশী হইলেও সর্বদা একই কারেন্ট সরবরাহ করিতে পারে। জেনারেটরের ফীল্ডে একটি বিশেষ ধরনের এক্সাইটারের (এক্সাইটার সাধারণতঃ একটি ছোট ডি. সি. মাট জেনারেটর। ইহা অল্প জেনারেটরের ফীল্ডে কারেন্ট সরবরাহ করে।) সাহায্যে উত্তেজন দেওয়া হয়। লোডের পরিমাণ কমিলে জেনারেটরের ভোল্টেজ কম, আর লোডের পরিমাণ বাড়িলে জেনারেটরের ভোল্টেজ বৃদ্ধি পায়; কিন্তু তড়িৎ-প্রবাহ কোন অবস্থাতেই কম-বেশী

হয় না। মোটরের সংযোগ সরবরাহ লাইনের সহিত যেভাবে থাকে, তাহা ১৪৪(ক)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই চিত্রে R-দ্বারা চিহ্নিত একটি রেজিস্ট্যান্সের প্যারালেলে



তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ অপরিবর্তিত রাখিয়া মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ
১৪৪(ক)নং চিত্র



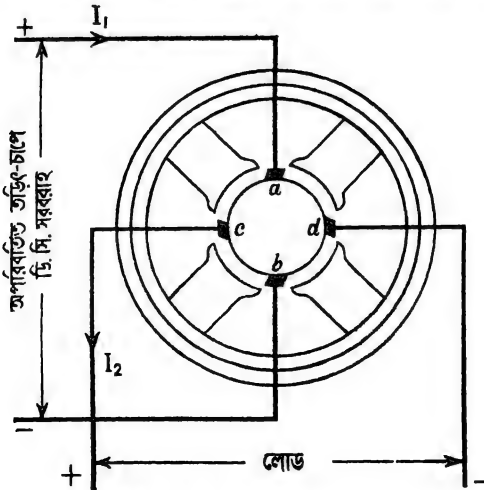
মোটরের গতিবেগ আর ফীল্ড কারেন্টের মধ্যে সম্বন্ধ
১৪৪(খ)নং চিত্র

“ট্যাপিং” (tappings) যুক্ত যে আর একটি রেজিস্ট্যান্স দেখানো হইয়াছে, ইংরাজিতে তাহাকে “পোটেনশিয়াল ডিভাইডার” (potential divider) বলে। মোটরের ফীল্ড এই পোটেনশিয়াল ডিভাইডার হইতেই উত্তেজন পায় বলিয়। প্রয়োজনমত ফীল্ডের ভোল্টেজ কম বা বেশী করা চলে, কিংবা ফীল্ড-কারেন্টের অভিমুখ বিপরীত করা যায়। তাহা ছাড়া মোটরের সঙ্গে একই শাফটের উপর আব একটি নিয়ন্ত্রণকারী মেসিনও বসানো থাকে। এই মেসিন ফীল্ড-কয়েলের সহিত সিরিজে এমনভাবে যোগ করা থাকে যাহাতে উহার আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ ফীল্ডের তড়িৎ-প্রবাহকে বাধা দিতে পারে। মোটরের গতিবেগ যখন কমিয়া যায়, তখন নিয়ন্ত্রণকারী মেসিনের আর্মেচারেও কম তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়; ফলে মোটরের ফীল্ড দিয়া বেশী কারেন্ট

প্রবাহিত হইয়া স্বর্ণকের পরিমাণ বৃদ্ধি করে। তাই মোটরের গতিবেগ বন্ধন সর্বাপেক্ষা কম থাকে, তখনই উহার আর্মেচারে সর্বাপেক্ষা বেশী স্বর্ণক উৎপন্ন হয়। কিন্তু কারেন্টের পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া ইহাতে মোটরের কোন ক্ষতি হয় না। গতিবেগ আর স্বর্ণকের মধ্যে যে ধরনের সম্বন্ধ এই নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থায় পাওয়া যায়, তাহা ১৪৪(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। উপরে যে-সকল কাজের কথা বলা হইয়াছে, মোটরের এইরূপ বিশিষ্টতা সেই সকল কাজের পক্ষে বিশেষভাবে উপযোগী। যেহেতু তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ লোডের উপর নির্ভরশীল নহে, অতএব প্রয়োজন হইলে এই পদ্ধতিতে একাধিক মোটরকে দিরিজে সংযুক্ত করিয়াও পরিচালনা করা যায়। ইহাতে যন্ত্রপাতি আর তারের জন্ম যে খরচ হয়, তাহা অনেক কম করা চলে। মোটরকে বিশ্রাম দেওয়ার সময় চিত্রে S-দ্বারা চিহ্নিত সুইচটি বন্ধ করিয়া দুই প্রান্তের মধ্যে সর্ট-সার্কিট করিয়া দিলেই মোটরটি থামিয়া যায়।

(৯) মেট্যাডাইন নিয়ন্ত্রণ (Metadyne Control)

তড়িৎ-প্রবাহকে অপরিবর্তিত রাখিয়া মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করার আর এক উপায় “মেট্যাডাইন নিয়ন্ত্রণ” পদ্ধতি। এই পদ্ধতি যিনি প্রথম আবিষ্কার করেন তিনি পেস্তারিনি নামে ইটালিাবাসী একজন ইঞ্জিনিয়ার। সাধারণভাবে মেট্যাডাইন নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থায় একটি মেট্যাডাইন কনভার্টার (metadyne converter) ব্যবহার করা হয়। এই কনভার্টার দুই পোলের একটি ডি. সি. আর্মেচার, দুই জোড়া ব্রাশ



একটি সাধারণ মেট্যাডাইন কনভার্টার

১৪৫নং চিত্র

আর চার পোলের একটি ফীল্ড লইয়া গঠিত (১৪৫ নং চিত্র)। যে সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ অপরিবর্তিত থাকে, সেইরূপ একটি ডি. সি. লাইনের সহিত a আর b-দ্বারা চিহ্নিত একজোড়া ব্রাশ সংযুক্ত করা হয়। c আর d-দ্বারা চিহ্নিত ব্রাশের যে অন্ত

জোড়াটি লোডের সহিত সংযুক্ত থাকে, তাহারা কারেন্টের পরিমাণ সমান রাখিয়া লোড-সারকিটে বিদ্যুৎ সরবরাহ করে। সাধারণতঃ লোড হিসাবে এই নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থায় একটি সিরিজ মোটরকেই ব্যবহার করা হয়।

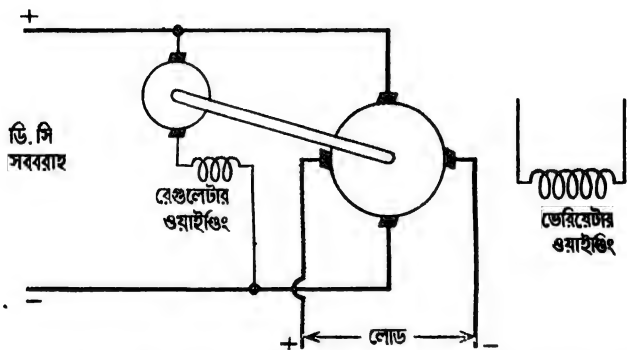
এখন মনে কর, কনভার্টার মেশিনটি উহার নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘুরিতেছে। এই সময় ডি. সি. সরবরাহ হইতে I_1 -দ্বারা চিহ্নিত তড়িৎ-প্রবাহ a আর b ব্রাশ দুইটির সাহায্যে আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত হইবে। ইহাতে আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার দরুন যে চুম্বক বলরেখার (ϕ_1) সৃষ্টি হইবে, ফীল্ডের চুম্বকগুলির অবস্থানের জগু তাহা নির্দিষ্ট রাখা দিয়া অগ্রণের হওয়ার সময় খুব সামান্যই বাধা পাইবে। আর্মেচার ঘুরিতে থাকায় উহার পরিবাহীসমূহ এই বলরেখা ছেদ করিবে, ফলে c আর d ব্রাশ দুইটির মধ্যে E_2 পরিমাণ তড়িৎ-চাপ পাওয়া যাইবে। এই তড়িৎ-চাপ যখন লোড-সারকিটে অর্থাৎ সিরিজ মোটরে I_2 পরিমাণ কারেন্ট পাঠাইবে, তখন সেই কারেন্ট আবার ϕ_1 -এর সহিত লম্বভাবে অবস্থিত ϕ_2 সংখ্যক বলরেখা উৎপন্ন করিবে। ϕ_2 -কে ছেদ করার সময় আর্মেচারের পরিবাহীতে এক বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ (E_1) আবিষ্ট হইবে, আর তাহা a আর b ব্রাশ দুইটির মধ্যে থাকিয়া সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজকে বাধা দিতে থাকিবে। কিন্তু সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ অপরিবর্তিত থাকায় কনভার্টারের মধ্যে এই সকল কাজ ও তাহার প্রতিক্রিয়া এমনভাবে দেখা দিবে যে, তাহা এই বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপের পরিমাণকেও সর্বদা সমান রাখিবে। আবার বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ লোড-সারকিটের কারেন্ট দ্বারা উৎপন্ন হয় বলিয়া একই সঙ্গে সেই কারেন্টের পরিমাণও সর্বদা অপরিবর্তিত থাকিবে।

এইভাবে মেট্যাডাইন কনভার্টার অপরিবর্তিত তড়িৎ-চাপের লাইন হইতে বৈদ্যুতিক শক্তি গ্রহণ করিয়া সেই শক্তিকে পরিবর্তনশীল তড়িৎ-চাপে লোড-সারকিটে সরবরাহ করে, আর সরবরাহ করার সময় তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ সর্বদা সমান রাখে। সুতরাং a আর b ব্রাশ দুইটির দিকে কনভার্টারটি মোটর হিসাবে চলিয়া সমান ভোল্টেজে সরবরাহ লাইন হইতে প্রয়োজনমত কম বা বেশী কারেন্ট গ্রহণ করে; আর c আর d ব্রাশ দুইটির দিকে উহা জেনারেটর হিসাবে চলিয়া লোড-সারকিটে কম বা বেশী ভোল্টেজে সর্বদা একই কারেন্ট সরবরাহ করে।

উপরে যে ধরনের কনভার্টারের কথা বলা হইল, তাহার চুম্বকের গায়ে কোন কয়েল জড়ানো থাকে না। এই অবস্থায় কনভার্টার কেবলমাত্র একটি নির্দিষ্ট কারেন্ট সিরিজ মোটরে সরবরাহ করিতে পারে। মোটরের তড়িৎ-প্রবাহ কম বা বেশী করিতে হইলে ফীল্ডের চুম্বকের জগু এক বিশেষ ধরনের কয়েল ব্যবহার করিতে হয়। ইংরাজিতে এই কয়েল “ভেরিয়েটার ওয়াইন্ডিং” (variator winding) নামে পরিচিত। এই ওয়াইন্ডিং দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইলে যে বলরেখা উৎপন্ন হয়, তাহা ϕ_2 -এর সহিত একই দিকে কাজ করে। কিন্তু বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপকে সমান রাখিতে হইলে উভয় রেখাপ্রবাহের যোগফল সর্বদা সমান থাকা দরকার। তাই ফীল্ড-কয়েল যত বেশী বলরেখা উৎপন্ন করে, ϕ_2 তত কম, আর সেই সঙ্গে মোটরের

কারেন্টও কমিতে থাকে। ভেরিয়েটোরের মধ্য দিয়া বিপরীত দিকে কারেন্ট পাঠাইলে তখন কিন্তু উহার বলরেখা ϕ_2 -কে বাধা দেয়। ইহাতে রেখাপ্রবাহের পরিমাণ সমান রাখিবার জন্য ϕ_2 বৃদ্ধি পায়, আর মোটর দিয়া তখন বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হয়।

লোড-সারকিটের কারেন্ট স্বখন বৃদ্ধি পায়, তখন তড়িৎ-চাপ অপরিবর্তিত থাকিলে কনভার্টার অধিক পরিমাণে বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ করিতে থাকে। সেইজন্য কনভার্টারে আর একটি অতিরিক্ত ওয়াইন্ডিং ব্যবহার করিতে হয় যাহা “রেগুলেটর ওয়াইন্ডিং” (regulator winding) নামে পরিচিত। রেগুলেটর ওয়াইন্ডিং a আর b ব্রাশ দুইটির অক্ষরেখা বরাবর যে-সকল চুম্বক বলরেখা অবস্থান করে তাহাদের নিয়ন্ত্রণ করিয়া ঐ দুই ব্রাশের মধ্যবর্তী বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপকে কমায়; ফলে সরবরাহ লাইন হইতে কারেন্ট অধিক পরিমাণে কনভার্টারে প্রবেশ করে। কিন্তু ইহাতে কনভার্টারের গতিবেগ বৃদ্ধি পায় না। একটি সাণ্ট মেশিন হইতে রেগুলেটর ওয়াইন্ডিংয়ে প্রয়োজনীয় কারেন্ট সরবরাহ করা হয়, আর ঐ সাণ্ট মেশিন কনভার্টারের সঙ্গে একই শাক্টের উপর বসানো থাকে (১৪৬নং চিত্র)। মেট্যাডাইনের গতিবেগ



মেট্যাডাইন পদ্ধতিতে মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করার জন্য বিভিন্ন মেশিনের সংযোগ

১৪৬ নং চিত্র

কম-বেশী হইলে সাণ্ট মেশিনের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপও কম-বেশী হয়; আর এই চাপ লাইন-ভোল্টেজের বিপরীত দিকে কাজ করে বলিয়া রেগুলেটর ওয়াইন্ডিংয়েও কারেন্ট তখন কম-বেশী হইতে থাকে।

ভেরিয়েটর ওয়াইন্ডিংয়ে কারেন্ট সরবরাহ করিবার জন্য প্রধান শাক্টের উপরেই একটি এক্সাইটার বসানো থাকে। কমুটেশনের কাজ যাহাতে ভালভাবে চলিতে পারে সেইজন্য এক্সাইটারে বিশেষ ধরনের ইন্টারপোল ব্যবহার করিতে দেখা যায়, আর মেশিন বড় হইলে উহা সাধারণতঃ বহুপোল বিশিষ্ট হয়।

সিরিজ মোটর মেট্যাডাইনের লোড হিসাবে ব্যবহৃত হইলে ভেরিয়েটর ওয়াইন্ডিংয়ের তড়িৎ-প্রবাহ কম-বেশী করিয়াই মোটরকে সম্পূর্ণরূপে নিয়ন্ত্রণ করা চলে।

তাই মোটর চালু করার সময় অতিরিক্ত কোন রেজিস্ট্যান্স ব্যবহার করিতে হয় না, ফলে শক্তির অপচয় অনেক কম হয়। নিয়ন্ত্রণের এই পদ্ধতি ক্রেন, লিফ্ট, জাহাজের পাটাতনের উপর বসানো 'ডেক্‌স' (deck winches), বৈদ্যুতিক ট্রেন প্রভৃতি পরিচালনা করার পক্ষে অতিশয় উপযোগী। তবে অনেকগুলি মেশিন ব্যবহার করিতে হয় বলিয়া সিরিজ-প্যারালেল নিয়ন্ত্রণ কিংবা ওয়ার্ড-লিয়োনার্ড পদ্ধতি অপেক্ষা ইহাতে খরচ অনেক বেশী পড়ে।

উদাহরণ ৬-২৯। একটি সাফ্ট মোটরের আর্মেচার ২৪০ ভোল্টের সরবরাহ লাইন হইতে ১১ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ১৪৫০ পাক ঘোরে। আর্মেচার ও ব্রাশের সমবেত রোধ ০.৬ ওম। যদি আর্মেচারের তড়িৎ-প্রবাহকে অপরিবর্তিত রাখিয়া মোটরের আবর্তনের সংখ্যা প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক করিতে হয়, তবে আর্মেচারের সহিত কত ওম রেজিস্ট্যান্স নিরীক্ষে যোগ করিতে হইবে, আর ঐ রেজিস্ট্যান্সে কি পরিমাণ তড়িৎ-শক্তির অপচয় ঘটিবে, তাহা নির্ণয় কর।

$$\begin{aligned} \text{এখানে } V &= ২৪০ \text{ ভোল্ট,} \\ I_a &= ১১ \text{ অ্যাম্পিয়ার,} \\ N_1 &= \text{প্রতি মিনিটে } ১৪৫০ \text{ পাক,} \\ N_2 &= \text{প্রতি মিনিটে } ১০০০ \text{ পাক, আর} \\ R_{a1} &= ০.৬ \text{ ওম।} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{b1} &= V - I_a R_{a1} = ২৪০ - ১১ \times ০.৬ \\ &= ২৩৩.৪ \text{ ভোল্ট।} \end{aligned}$$

চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা (অর্থাৎ ϕ) সর্বদা সমান থাকে এইরূপ ধরিয়া লইলে

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{E_{b1}}{E_{b2}}$$

হইবে

$$\begin{aligned} \therefore E_{b2} &= \frac{E_{b1} \times N_2}{N_1} = \frac{২৩৩.৪ \times ১০০০}{১৪৫০} \\ &= ১৬১ \text{ ভোল্ট।} \end{aligned}$$

$$\text{কিন্তু } E_{b2} = V - I_a R_{a2},$$

$$\begin{aligned} \therefore R_{a2} &= \frac{V - E_{b2}}{I_a} = \frac{২৪০ - ১৬১}{১১} \\ &= ৭.১৮ \text{ ওম।} \end{aligned}$$

অতএব আর্মেচারের সহিত সিরিজে যে রেজিস্ট্যান্স যোগ করিতে হইবে, তাহার মান যদি R ধরা যায়, তবে

$$\begin{aligned} R &= R_{a2} - R_{a1} = ৭.১৮ - ০.৬ \\ &= \underline{\underline{৬.৫৮ \text{ ওম।}}} \end{aligned}$$

সিরিজের যোগ করার জন্য ঐ রেজিস্ট্যান্সে

$$\begin{aligned}\text{শক্তির অপচয়} &= I_a^2 R = (11)^2 \times 6.7 \\ &= 926 \text{ ওয়াট।}\end{aligned}$$

উদাহরণ ৬ ৩০। একটি ৪৫০-ভোল্ট, ২০-অশ্বশক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন সার্কট মোটরের ফীল্ড দিয়া সর্বদা ২ অ্যাম্পিয়ার ভেড়িং প্রবাহিত হয়। মেনিনের কর্ম-ক্ষমতা ৮৫% এবং আর্মেচারের রোধ ০.২৫ ওম। যদি মোটরের ঘূর্ণক সঙ্গদ সমান থাকে, তবে আর্মেচারের সহিত কত ওম রেজিস্ট্যান্স সিরিজে যোগ করিলে উক্তর গতিবেগ শতকরা ২৫ ভাগ হ্রাস পাইবে?

এখানে $V = 450$ ভোল্ট,

মোটরের আউটপুট = ২০ অশ্ব-শক্তি,

$I_{fh} = 2$ অ্যাম্পিয়ার,

$R_{a1} = 0.25$ ওম,

মেনিনের কর্ম-ক্ষমতা = ৮৫%, আর

$N_2 = \frac{90}{100} N_1 = 0.9 N_1$ (অর্থাৎ N_1 অপেক্ষা N_2 শতকরা ২৫ ভাগ কম)।

মোটরের আউটপুট - ২০ অশ্ব-শক্তি = 20×746 ওয়াট,

$$\therefore \text{মোটরের ইনপুট} = \frac{20 \times 746 \times 100}{85} = 17560 \text{ ওয়াট।}$$

অতএব $V \times I_L = 17560$,

$$\therefore I_L = \frac{17560}{V} = \frac{17560}{450}$$

= ৩৯ অ্যাম্পিয়ার।

$$I_a = I_L - I_{fh} = 39 - 2$$

= ৩৭ অ্যাম্পিয়ার।

যেহেতু ফীল্ডের কারেন্ট সর্বদা সমান থাকে, অতএব ϕ অপরিবর্তিত থাকিবে। আবার মোটরের ঘূর্ণক ϕ আর I_a উভয়ের গুণফলের সমানুপাতি বলিয়া ঘূর্ণক সমান থাকিলে আর্মেচার দিয়া সর্বদা একই কারেন্ট প্রবাহিত হইবে।

$$\text{এখন, } E_{b1} = V - I_a R_{a1} = 450 - 37 \times 0.25$$

$$= 440.75 \text{ ভোল্ট}$$

$$\text{আবার } \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_{b1}}{E_{b2}},$$

$$\therefore E_{b2} = \frac{E_{b1} N_2}{N_1} = \frac{E_{b1} \times 0.9 N_1}{N_1}$$

$$= 440.75 \times 0.9$$

$$= 396.675 \text{ ভোল্ট।}$$

$$E_{b2} = V - I_a R_{a2},$$

$$\therefore R_{a2} = \frac{V - E_{b2}}{I_a} = \frac{840 - 730.69}{39} \\ = 2.82 \text{ ওম।}$$

সুতরাং আর্মেচারের সহিত সিরিজ যুক্ত অতিরিক্ত রেজিস্ট্যান্স

$$R = R_{a2} - R_{a1} = 2.82 - 0.25 \\ = 2.57 \text{ ওম।}$$

উদাহরণ ৬ ৩১। একটি ডি সি মোটর ২২০-ভোল্ট সরবরাহ হইতে ২৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক ঘোবে। আর্মেচারের রোধ ০.১ ওম এবং ফীল্ডের রোধ ১০০ ওম। যখন আর্মেচারের সহিত সিরিজ ৫ ওমের একটি রেজিস্ট্যান্স আর ফীল্ডের সহিত সিরিজ ৫০ ওমের একটি রেজিস্ট্যান্স যোগ করা হয়, তখন ঘূর্ণকের পরিমাণ অর্ধেক হইয়া দাঁড়ায়। এই অবস্থায় মোটরের গতিবেগ কত হইবে তাহা নির্ণয় কর। চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা ফীল্ড-কারেন্টের সমানুপাতি বলিয়া ধরিয়া লও।

$$\begin{aligned} \text{এখানে } V &= 220 \text{ ভোল্ট,} \\ I_{L1} &= 25 \text{ অ্যাম্পিয়ার,} \\ N_1 &= \text{প্রতি মিনিটে } 1000 \text{ পাক,} \\ R_{a1} &= 0.1 \text{ ওম,} \\ R_{sh1} &= 100 \text{ ওম,} \\ R_{a2} &= 0.1 + 5 = 5.1 \text{ ওম,} \\ R_{sh2} &= 100 + 50 = 150 \text{ ওম, আর} \\ T_1 &= 2T_2। \end{aligned}$$

$$I_{L1} = \frac{V}{R_{sh1}} = \frac{220}{100} = 2.2 \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$I_{a1} = I_{L1} - I_{sh1} = 2.2 - 2.2 = 0 \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$E_{b1} = V - I_{a1} R_{a1} = 220 - 0 \times 0.1 \\ = 220 \text{ ভোল্ট।}$$

যখন ঘূর্ণকের পরিমাণ অর্ধেক হইয়া দাঁড়ায়, তখন

$$I_{sh2} = \frac{V}{R_{sh2}} = \frac{220}{150} = 1.47 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\text{এখন } T \propto I_a \phi।$$

$$\text{কিন্তু এই উদাহরণে } \phi \propto I_{sh},$$

$$\therefore T \propto I_a I_{sh}।$$

$$\text{অতএব } \frac{T_1}{T_2} = \frac{I_{a1} I_{sh1}}{I_{a2} I_{sh2}} = 2।$$

$$\therefore I_{a2} = \frac{I_{a1} I_{sh1}}{2 I_{sh2}} = \frac{22.8 \times 2.2}{2 \times 1.89}$$

$$= 19.1 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$E_{b2} = V - I_{a2} R_{a2} = 220 - 19.1 \times 5.5$$

$$= 102.92 \text{ ভোল্ট।}$$

$$\text{আবার } E \propto N \phi,$$

$$\therefore E_b \propto N I_{sh}।$$

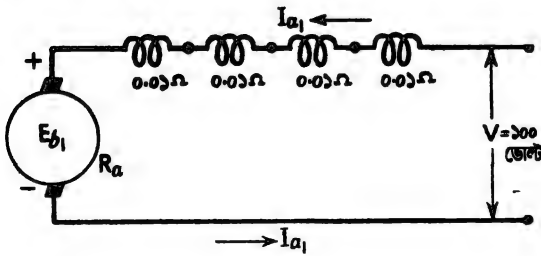
$$\text{অতএব } \frac{E_{b1}}{E_{b2}} = \frac{N_1 I_{sh1}}{N_2 I_{sh2}},$$

$$\therefore N_2 = \frac{E_{b2} \times N_1 \times I_{sh1}}{E_{b1} \times I_{sh2}} = \frac{102.92 \times 1000 \times 2.2}{219.92 \times 1.89}$$

$$= 212 \text{ পাক,}$$

অর্থাৎ মোটরের গতিবেগ প্রতি মিনিটে ২১২ পাক হইবে।

উদাহরণ ৬-৩২। একটি সিরিজ মোটর ১০০-ভোল্ট সরবরাহ লাইনের সহিত যুক্ত আছে। আর্মেচারের রোধ ০.১ ওম এবং চারিটি ফীল্ড-কয়েলের প্রত্যেকটির রোধ ০.০১ ওম। যখন সবকয়টি ফীল্ড-কয়েল সিরিজে থাকে, তখন মোটর সরবরাহ লাইন হইতে ৪০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ২০০ পাক ঘোরে। যদি ফীল্ড-কয়েলগুলি সমান দুই অংশে বিভক্ত হইয়া প্যারালেলে সংযুক্ত হয়, আর প্রতি অংশে দুইটি দুইটি কয়েল পরস্পরের সহিত সিরিজে থাকে [১৪৭(খ) নং চিত্র], তবে ঘূর্ণকের পরিমাণ দ্বিগুণ হইলে মোটরের গতিবেগ কত হইবে? চুম্বক-ক্ষেত্র অসংপৃক্ত আছে এইরূপ ধরিয়া লও।



১৪৭(ক) নং চিত্র

এখানে $V = 100$ ভোল্ট,

$$R_a = 0.1 \text{ ওম,}$$

$$I_{a1} = 80 \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$N_1 = \text{প্রতি মিনিটে } 200 \text{ পাক, আর}$$

$$T_1 = \frac{T_2}{2}।$$

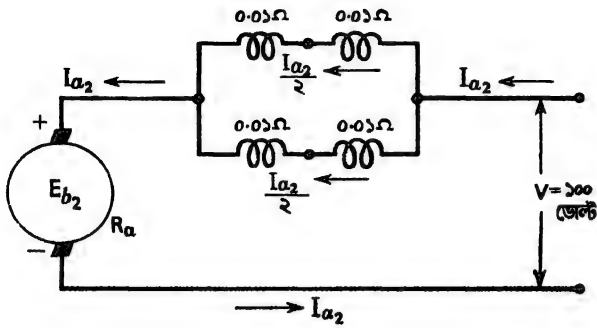
যখন সবফল্ট ফীল্ড-কয়েল সিরিজে থাকে, তখন

$$R_{se1} = 0.01 \times 8 = 0.08 \text{ ওহ্ম,}$$

$$\begin{aligned} E &= V - I_{a1} (R_a + R_{se1}) = 100 - 80(0.01 + 0.08) \\ &= 100 - 80 \times 0.09 \\ &= 92.8 \text{ ভোল্ট।} \end{aligned}$$

যখন ফীল্ড-কয়েলগুলি সিরিজ-প্যারালালে সংযুক্ত থাকে, তখন

$$R_{se2} = \frac{0.01 \times 2}{2} = 0.01 \text{ ওহ্ম।}$$



১৪৭(খ)নং চিত্র

চুম্বক-ক্ষেত্র অসংপূর্ণ (Unsaturated) থাকায় $\phi \propto$ ফীল্ড-কারেন্ট।

$$\therefore \phi_1 \propto I_{a1}, \text{ আর } \phi_2 \propto \frac{I_{a2}}{2}$$

$$\begin{aligned} \text{অতএব } \frac{T_1}{T_2} &= \frac{I_{a1} \phi_1}{I_{a2} \phi_2} = \frac{I_{a1} \times I_{a1}}{I_{a2} \times \frac{I_{a2}}{2}} \\ &= \frac{I_{a1}^2 \times 2}{I_{a2}^2} \end{aligned}$$

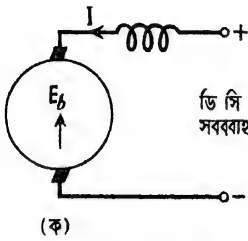
$$\begin{aligned} \therefore I_{a2}^2 &= \frac{T_2 \times 2 I_{a1}^2}{T_1} = \frac{T_2 \times 2 \times 80^2}{\frac{T_2}{2}} \\ &= 6400। \end{aligned}$$

$$\therefore I_{a2} = \sqrt{6400} = 80 \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

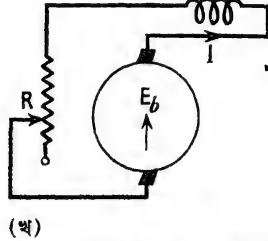
$$\begin{aligned} \text{এবং } E_{b2} &= V - I_{a2} (R_a + R_{se2}) \\ &= 100 - 80(0.01 + 0.01) \\ &= 92 \text{ ভোল্ট।} \end{aligned}$$

সরবরাহ বন্ধ করিয়া দিয়া উহার সহিত সিরিজে একটি পরিবর্তনশীল রোধক (চিত্রে R -দ্বারা চিহ্নিত) যোগ করিতে হয়। মোটরের ফীল্ড কিংক সরবরাহ লাইনেব সহিতই যুক্ত থাকে। পবে এই পরিবর্তনশীল রোধকের মান কম-বেশী করিলে মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রিত হয়।

সিবিজ মোটবে এই পদ্ধতি প্রয়োগ করিবার সময় ১৪৯নং চিত্রে যেরূপ দেখানো হইয়াছে, সেইভাবে আর্মচার এবং ফীল্ডকে সংযুক্ত কবিতে হয়। সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগ যখন ছিন্ন হয়, তখন উহাব সহিত সিবিজে একটি পরিবর্তনশীল রোধক যোগ করিয়া ফীল্ডেব সংযোগ উল্টা করিয়া দিতে হয়। এই সময় মোটরটি একটি সিবিজ জেনারেটার হিসাবে চলিতে থাকে। ফীল্ডেব সংযোগ উল্টা হওয়ার ফলে তখন ফীল্ড দিয়া যে তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তাহা চুম্বক-ক্ষেত্রের অবশেষ-চুম্বকত্বে (residual magnetism) সহায়তা কবে। মোটর চালু করার সময় যে



মোটরের সাধারণভাবে চলা



(খ)

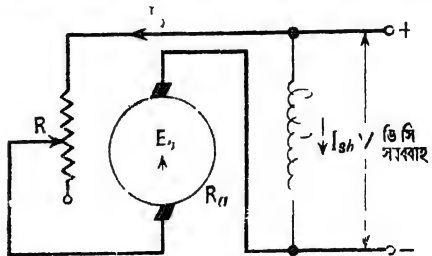
মোটরে হ্রাসশক্তি ব্রেক প্রয়োগ করা

১৪৯নং চিত্র

রেজিস্ট্যান্সটি সিরিজে ব্যবহার করা হয়, গতিরোধ করিতে সেই রেজিস্ট্যান্সকেই ব্যবহার করা চলে। সার্ট মোটবেব ত্রায় ইহাতেও গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ কবিবার জন্য বেজিস্ট্যান্সকে কম-বেশী করিতে হয়।

(২) প্লাগিং (Plugging)

সার্ট মোটরে এই পদ্ধতি প্রয়োগ করিবার সময় মেশিনের সংযোগ ১৫০নং চিত্রের অনুরূপ থাকে। আর্মচারেব সংযোগ উল্টা করিয়া দেওয়া হয় যাহাতে উহা বিপরীত দিকে ঘূর্ণিতে চেষ্টা কবে। এই সময় আর্মচারেব আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ আব সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজ উভয়েব অভিমুখ একই দিকে হওয়াতে তড়িৎ-প্রবাহ যাহাতে খুব বেশী বৃদ্ধি না পায় সেইজন্য আর্মচারের সহিত



সার্ট মোটরে প্লাগিংয়ের সাহায্যে ব্রেক প্রয়োগ করা

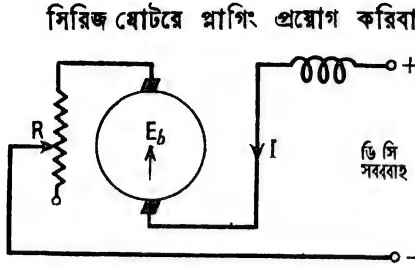
১৫০নং চিত্র

সিরিজে একটি পরিবর্তনশীল রোধক যোগ কবিতে হয়। যদি লাইন-ভোল্টেজ V ,

বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ E_b , আর্মেচারের রোধ R_a আর পরিবর্তনশীল রোধকের মান R হয়, তবে আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত কারেন্ট

$$I_a = \frac{V + E_b}{R_a + R} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হইবে। R -এর মান এমন রাখা হয় যাহাতে আর্মেচার দিয়া প্রয়োজনীয় কারেন্ট প্রবাহিত হইতে পারে।



সিরিজ মোটরে প্রাণিং প্রয়োগ করিবার সময় মেশিনের সংযোগ ১৫১নং চিত্রের অঙ্কপ থাকে।

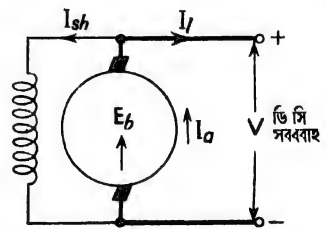
সার্ট মোটরের আয় ইহাতেও আর্মেচারের সংযোগ উল্টা করিয়া দিতে হয়।

মোটরের গতিরোধ করার পক্ষে ত্রীকোণীক ব্রেকিংয়ের তুলনায় প্রাণিং অনেক বেশী কার্যকর। তবে এই পদ্ধতি ব্যবহার করিবার সময় সরবরাহ লাইন হইতে কারেন্ট

অনবরত মোটর দিয়া প্রবাহিত হয় বলিয়া শক্তির অপচয় ঘটিতে থাকে।

(৩) রিজেনারেটিভ ব্রেকিং (Regenerative Braking)

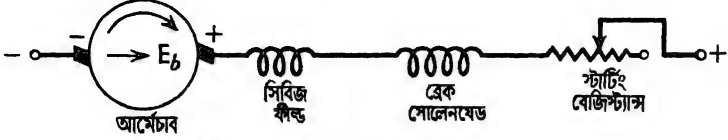
যখন আর্মেচারের সহিত সংযুক্ত লোড কোন মোটরকে উহার নির্দিষ্ট গতিবেগ অপেক্ষা বেশী জোরে ঘুরায় (যেমন ফেনের সাহায্যে মাল নামানো), কেবলমাত্র তখনই মোটরে রিজেনারেটিভ ব্রেকিং প্রয়োগ করা চলে। এই অবস্থায় আর্মেচারের বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ (E_b) সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজ (V) অপেক্ষা বড় হয় বলিয়া আর্মেচার দিয়া কারেন্ট বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইতে থাকে, অর্থাৎ মোটরের আর্মেচার হইতে কারেন্ট তখন সরবরাহ লাইনের দিকে যায়। সার্ট ফীল্ড দিয়া কারেন্ট কিন্তু সর্বদা একই দিকে প্রবাহিত হয় (১৫২নং চিত্র)। ফলে আর্মেচারের ঘূর্ণক বিপরীত দিকে কাজ করে, আর V অপেক্ষা E_b কম না হওয়া পর্যন্ত মোটরের গতিবেগ ক্রমাগত হ্রাস পাইতে থাকে।



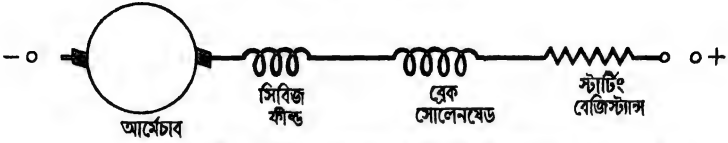
সার্ট মোটরে রিজেনারেটিভ ব্রেকিং প্রয়োগ ১৫২নং চিত্র

সিরিজ মোটরে কিন্তু এত সহজে রিজেনারেটিভ ব্রেকিং প্রয়োগ করা চলে না। কারণ সিরিজ মোটরের আর্মেচার দিয়া কারেন্ট বিপরীত দিকে প্রবাহিত হইলে ফীল্ড দিয়া প্রবাহিত হইবার সময়েও উহা বিপরীতমুখী থাকে, ফলে E_b বিপরীতমুখী হইয়া

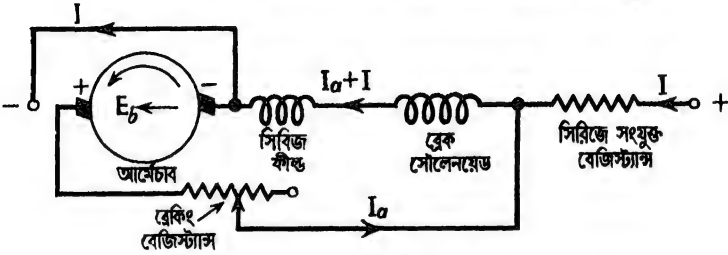
V-এর সহিত একই দিকে কাজ করিতে আরম্ভ করে। তাই এই পদ্ধতি সিরিজ মোটরে প্রয়োগ করিবার সময় (যেমন বৈদ্যুতিক ট্রেন, ক্রেন প্রভৃতি পরিচালনা করা) বিশেষ ধরনের ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হয়।



(ক) উত্তোলন : মোটর চালু অবস্থায় আছে



(খ) স্থিতিবস্থা : সববাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগ ছিন্ন হইয়াছে



(গ) অবনমন : মোটরে বিজেনারোটের ব্রেক প্রয়োগ করা হইয়াছে

১৫৩নং চিত্র

ক্রেন পরিচালনার জন্ত ব্যবহৃত মোটরে অনেক সময় যে ধরনের হুইস্ট্যাটিক ব্রেকিং প্রয়োগ করা হয়, তাহা ১৫৩ নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই কাজে মোটরকে তিনটি বিভিন্ন অবস্থায় চালনা করা হয়। যথা—

(১০) উত্তোলন (Hoisting)—ক্রেনের সাহায্যে মাল উপরে তুলিবার সময় “ব্রেক সোলেনয়েড” (brake solenoid) উত্তেজন প্রাপ্ত বলিয়া ব্রেক খুলিয়া যায়। এই সময় মোটর চালু করিবার জন্ত যে পরিবর্তনশীল রোধকটি ব্যবহার করিতে হয়, তাহার সাহায্যে আর্থেচারের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা চলে। ইহা ১৫৩(ক)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

(১১) স্থিতিবস্থা (Holding Position)—সববাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগ এই সময় ছিন্ন হইয়া যায়। ইহা ১৫৩(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

(১২) অবনমন (Lowering)—মাল নীচের দিকে নামাইবার সময় লোড আর্থেচারকে উল্টা দিকে ঘুরান। ফলে মোটরটি জেনারেটর হিসাবে চলিতে থাকে,

আর উহার আর্মেচারে তড়িৎ-চাপ ও তড়িৎ-প্রবাহ উৎপন্ন হয়। সিরিজ ফীল্ড কিন্তু স্থায়ীভাবে সরবরাহ লাইনের সহিত যুক্ত থাকে। সেইজন্য ফীল্ড দিয়া তখন আর্মেচার-কারেন্ট আর সরবরাহ লাইনের কারেন্ট একত্র হইয়া প্রবাহিত হয়। “ব্রেকিং রেজিস্ট্যান্স” (braking resistance)-এর সাহায্যে এই সমস্ত মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা চলে। ইহা ১৫৩ (গ) নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

উদাহরণ ৬-৩৩। একটি ২২০-ভোল্ট, ২০-অশ্বশক্তি ক্ষমতা সম্পন্ন সার্ক মোটর পূর্ণ লোডসহ চলিবার সময় ৮২ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। আর্মেচারের রোধ ০.১ ওম এবং সার্ক ফীল্ডের রোধ ১১০ ওম। যদি আর্মেচারের তড়িৎ-প্রবাহ ১২০ অ্যাম্পিয়ারের বেশী না হয়, তবে প্রাগিৎয়ের সাহায্যে মোটরের গতিরোধ করিবার সময় আর্মেচারের সহিত সিরিজে কত ওমের রেজিস্ট্যান্স যোগ করিতে হইবে?

এখানে $V = ২২০$ ভোল্ট,

$I_l = ৮২$ অ্যাম্পিয়ার,

$R_a = ০.১$ ওম,

$R_{f, h} = ১১০$ ওম,

$I_a = ১২০$ অ্যাম্পিয়ার. আর

মোটরের ক্ষমতা = ২০ অশ্ব-শক্তি (ইহা এই উদাহরণের পক্ষে প্রয়োজনীয় নহে)।

$$I_{f, h} = \frac{V}{R_{f, h}} = \frac{২২০}{১১০} = ২.০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

পূর্ণ লোডসহ চলিবার সময় আর্মেচারের কারেন্ট

$$I_{a1} = I_l - I_{f, h} = ৮২ - ২ = ৮০.০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\therefore E_b = V - I_{a1} R_a = ২২০ - ৮০ \times ০.১ \\ = ২১২ \text{ ভোল্ট।}$$

প্রাগিৎয়ের সময় আর্মেচারের কারেন্ট

$$I_a = ১২০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\text{আবার } I_a = \frac{V + E_b}{R_a + R},$$

$$\text{অথবা } R_a + R = \frac{V + E_b}{I_a},$$

$$\therefore R = \frac{V + E_b}{I_a} - R_a \\ = \frac{২২০ + ২১২}{১২০} - ০.১ \\ = ৩.৬ - ০.১ \\ = ৩.৫ \text{ ওম,}$$

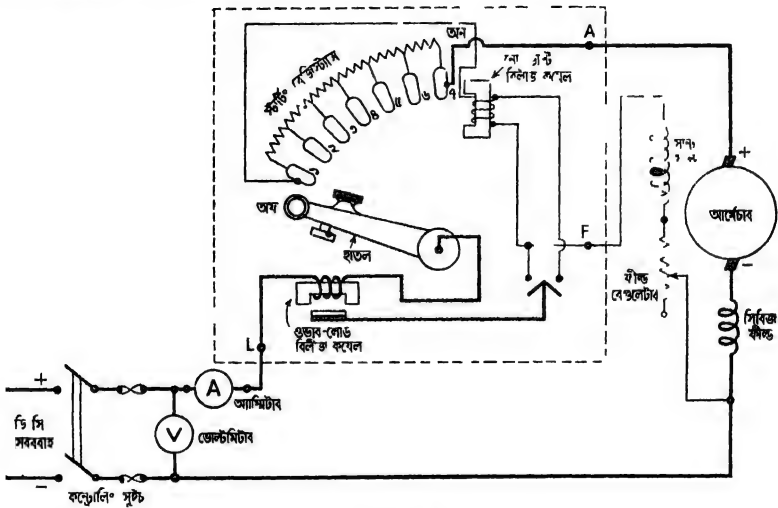
অর্থাৎ প্রাগিৎয়ের সময় আর্মেচারের সহিত সিরিজে ৩.৫ ওম যোগ করিতে হইবে।

প্রশ্নমালা

১। ডি. সি. মোটর কয় প্রকার এবং কি কাজে ব্যবহার হয়? ইহাদের রেখাচিত্র অঙ্কন করিয়া দেখাও।

২। ডি. সি. মোটরে স্টার্টার কেন ব্যবহার হয়? কন্টোলিং সুইচ, স্টার্টার, অ্যাম্ফিটার ও ভোল্টমিটার সহকারে কম্পাউণ্ড মোটরের চিত্রাঙ্কন করিয়া দেখাও।

[কম্পাউণ্ড মোটরের সংযোগ নিয়ে :৫৪নং চিত্রে দেখানো হইল। ইহাতে একটি তিন-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টারকে দেখানো হইয়াছে।]



১৫৬নং চিত্র

৩। সংক্ষিপ্তভাবে নিম্নলিখিতগুলির ব্যবহার বুঝাইয়া দাও :—

(গ) ডি সি মোটর স্টার্টারের নো-ভোল্ট কয়েল, (ঘ) ডি সি মোটর স্টার্টারের ওভার-লোড কয়েল।

৪। নিম্নলিখিত যন্ত্রগুলি চালানোর জন্য কিবপ D C. Motor ব্যবহার করিবে?—

(ক) লেদ মেশিন, (খ) ক্রেন (Crane), (গ) স্টাম্পিং প্রেস (Stamping press)। এই সম্পর্কে প্রত্যেকটি বিষয় যুক্তি দ্বারা সম্যকরূপে বুঝাইয়া দাও।

৫। একটি মোটরের ডাইরেক্শন অফ বোটেশান কিভাবে পাণ্টানো যাইতে পারে? উহার “লাইন টারামজাল্‌স” পাণ্টানোর ফলাফল কি হবে?

যদি একটি কম্পাউণ্ড জেনারেটরের “ডাইরেক্শন অফ বোটেশান” পরিবর্তন না করিয়া মোটর হিসাবে চালাইতে হয়, তাহা হইলে উহার কি পরিবর্তন সাধন করিতে হইবে?

৬। বিভিন্ন প্রকারের ডি, সি, মোটরের নাম কর এবং তাহাদের কানেকশন-ডায়াগ্রাম চিত্রের সাহায্যে দেখাও। এই মোটরগুলি কোথায় কোথায়, কি কি কাজে ব্যবহৃত হয়? ডি, সি, সিরিজ মোটর “লোড” ব্যতীত সাধারণত চালানো হয় না কেন?

৭। একটি ডি, সি, মোটরের স্পীড কন্ট্রোল করিবার বিভিন্ন প্রক্রিয়া কি? কিভাবে একটি ডি, সি, সার্ট মোটরের স্পীড—

(ক) নরম্যাল স্পীডের উপরে,

(খ) নরম্যাল স্পীডের নীচে

কন্ট্রোল করা যাইতে পারে?

চিত্রের সাহায্যে ডায়াগ্রাম আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও।

৮। সংক্ষিপ্ত বিবরণ লেখ—

(ঘ) থ্রু পয়েন্ট স্টার্টার অপেক্ষা ফোর পয়েন্ট স্টার্টারের সুবিধা কি কি;

(ঙ) ডি, সি, সার্কিট ব্রেকারের ম্যাগনেটিক ব্রো-আউট।

৯। নিম্নলিখিত মেশিনগুলি চালাইতে গেলে কি প্রকারের ডি, সি, মোটর ব্যবহার করিবে, প্রত্যেকটি বিষয়ে কারণ দেখাইয়া উত্তর দাও :—

(ক) লেদ মেশিন।

(খ) ক্রেন।

(গ) রোলিং মিল।

১০। যদি ডি সি সাপ্লাই পাওয়া যায়, তবে নিম্নলিখিত মেশিনগুলি চালাইতে হইলে তুমি কি প্রকার মোটর মনোনীত করিবে কারণ সহ তাহা বর্ণনা কর :—

(ক) রোলিং মিল।

(খ) শীততাপ নিয়ন্ত্রিত মেশিনের জন্য কম্প্রেসার।

(গ) স্তূতাকাটা ও বয়ন করিবার যন্ত্রপাতি।

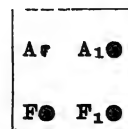
(ঘ) বুলান বৈদ্যুতিক পাখা।

(ঙ) সেন্ট্রিফিউগ্যাল পাম্প।

(চ) লিফটস্ এবং ক্রেনস্।

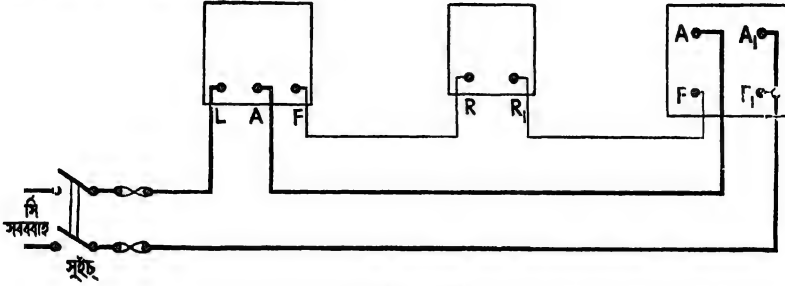
১১। (ক) ডি, সি, মোটর চালু করিতে স্টার্টারের প্রয়োজন হয় কেন সংক্ষেপে বুঝাইয়া দাও।

(খ) একটি ডি, সি, মোটর, ইহার স্টার্টার এবং speed regulator-এর কানেকশন টার্মিনালগুলি নিয়ে চিত্রে দেখান হইল—



মোটরটি চালু করিতে এবং ইহার speed পরিবর্তন করিতে এই কানেকশন টার্মিনালগুলি কিভাবে supply-এর সহিত সংযোগ করিবে একটি circuit নক্সার সাহায্যে দেখাইয়া দাও।

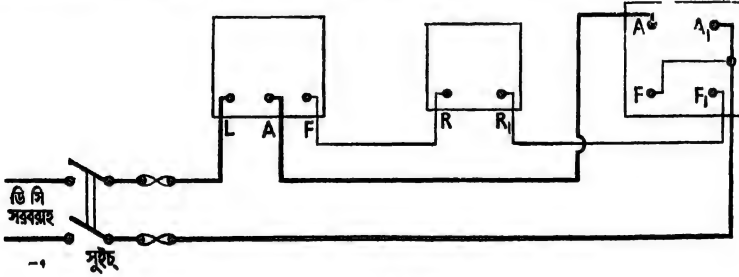
[সরবরাহ লাইনের সহিত মোটর, রেগুলেটর এবং স্টার্টারের সংযোগ নিয়ে ১৫৫(ক) নং চিত্রে দেখানো হইল।]



১৫৫ (ক) নং চিত্র

(গ) মোটরটি চালু করিবার পর যদি দেখা যায় যে ইহা ভুল দিকে ঘুরিতেছে তবে ইহার rotation উল্টাইবার জন্ত কানেকশনের কি পরিবর্তন করিতে হইবে দেখাও।

[মোটরের গতিমুখ বিপরীত করিবার জন্ত উহার ফীল্ডের সংযোগ উল্টা করিয়া দিলেই চলিবে। এই সংযোগ ১৫৫(খ) নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।]



১৫৫(খ) নং চিত্র

১২। বুঝাইয়া দাও যে কেন—

- (ক) লোড না থাকিলে Series Motor-এ পুরা Voltage দেওয়া উচিত নয়।
- (খ) Differential Compound ডি, সি, মোটর কদাচিৎ ব্যবহৃত হয়।

১৩। একটি ডি, সি, মোটরে স্টার্টার কেন ব্যবহার করা প্রয়োজন তাহা বর্ণনা কর। একটি চিত্রের দ্বারা সার্ট মোটরের জন্ত ৪-টি পয়েন্টযুক্ত স্টার্টারের প্রত্যেক অঙ্গের কার্যপ্রণালী এবং কেমন করিয়া উহারা কাজ করে তাহা ব্যাখ্যা কর।

১৪। স্টারটার এবং রেগুলেটরের মধ্যে পার্থক্য কি? রেখাচিত্রের সাহায্যে একটি ফেস্‌প্রেট টাইপ স্টারটারের (সান্ট মটরের জন্য) গঠন-প্রণালী বর্ণনা কর। (মটর এবং স্টারটারের মধ্যে কানেকশনও রেখাচিত্রে দেখাতে হইবে।)

[স্টারটার এবং রেগুলেটরের মধ্যে পার্থক্য নিম্নলিখিতরূপ—

(১০) স্টারটারের সাহায্যে মোটরকে চালু করা হয়, আর রেগুলেটরের সাহায্যে মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা চলে।

(২০) স্টারটারের পরিবর্তনশীল রোধ মোটরের আর্মেচারের সহিত সিরিজে লাগানো থাকে, আর রেগুলেটরের পরিবর্তনশীল রোধ সাধারণতঃ ফীল্ড-সারকিটে ব্যবহার করা হয়। এই রেজিস্ট্যান্স সাঁট ফীল্ড-কয়েলের সহিত সিরিজে আর সিরিজ ফীল্ড-কয়েলের সহিত প্যারালেলে যুক্ত থাকে।

(৩০) স্টারটারের রেজিস্ট্যান্স দিয়া কেবলমাত্র মোটর চালু করিবার সময়েই কারেন্ট যায়; মোটর পূৰ্বাপূৰ্ব চালু হইয়া গেলে স্টারটারের রেজিস্ট্যান্সকে সম্পূর্ণরূপে আর্মেচার-সারকিটের বাহিরে রাখা হয় বলিয়া উহার মধ্য দিয়া তখন কোন ভোল্টেজ প্রবাহিত হয় না। কিন্তু রেগুলেটরের রেজিস্ট্যান্স কখনই পূরাপূরি ফীল্ড-সারকিটের বাহিরে যায় না; তাই ই রেজিস্ট্যান্সের মধ্য দিয়া মোটর চলিতে থাকার সময় কিছু না কিছু কারেন্ট সদৃশই প্রবাহিত হয়।

(৪০) মোটরের ওয়াইণ্ডিংয়ে কিংবা পরিচালন ব্যবস্থায় কোন ত্রুটি দেখা দিলে সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগ যাহাতে আপনা হইতেই ছিন্ন হইতে পারে সেইজন্য স্টারটারে নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল, ওভার-লোড রিলীজ কয়েল প্রভৃতি-ব্যবহাৰ করা হয়; কিন্তু রেগুলেটারে সাধারণতঃ এই ধরনের কোন বন্দোবস্ত থাকে না।

(৫০) মোটর যতক্ষণ চলিতে থাকে, রেগুলেটার ততক্ষণ একজন পরিচালকের নিয়ন্ত্রণাধানে থাকে, কিন্তু মোটর একবার চালু হইয়া যাওয়ার পরে আবার নতুন করিয়া চালু করার আগে স্টারটারে তাৎক্ষণিক প্রয়োজন হয় না।]

১৫। কি কি উপায়ে ডি, সি, মোটরের গতি নিয়ন্ত্রণ (speed control) করা যায় তাহা বিশদভাবে ব্যাখ্যা কর।

১৬। ডি, সি, মোটরের “গ্যাক্‌ ই এম এফ” বলিতে কি বুঝায়?

একটি ১০ এইচ্‌ পি ৪৪০-ভোল্ট্‌ ডি, সি, মোটরের আরম্ভের রেজিস্ট্যান্স ০.১ ওম্‌। স্টারটার ব্যবহার না করিয়া মোটরটিতে লাইন দিলে কি ঘটবে? স্টারটারের প্রয়োজনীয়তা সন্ধে আলোচনা কর।

ফেইল্ড-প্রেট স্টারটারের ওভার-লোড কয়েল কিরূপে কাজ করে?

[মোটর চালু করিবার সময় আর্মেচারে বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট থাকে না। তাই ঐ সময় স্টার্টার ব্যবহার না করিয়া ৪৪০-ভোল্ট মোটরে লাইন দিলে আর্মেচার দিয়া]

$$\frac{৪৪০}{০.১} = ৪৪০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

কাবেন্ট প্রবাহিত হইতে চেষ্টা করিবে। ইহাতে স্বইচেব ফিউজ-তাব পুড়িয়া যাইবে কিংবা সারকিট-ব্রেকার খুলিয়া পড়িবে। আব যদি তাহা না হয়, তবে এত বেশী কারেন্ট আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত হওয়াব জন্ম আর্মেচারের কয়েলগুলি পুড়িয়া যাইবে।]

১৭। (ক) একটি চালু ডি সি সার্ট মোটরের ফিল্ড ওপেন সার্কিট হইয়া গেলে কি ঘটবে?

(খ) একটি সিরিজ মোটর লোড না থাকা অবস্থায় চালু কবিলে তাহার গতির কি হয়?

(গ) একটি সার্ট মোটরের গতি একই রকম থাকে কেন তাহাব বিস্তারিত বর্ণনা কব।

১৮। সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ—

(ক) ট্রান্সমিটার মোটর সিরিজ প্যারালাল স্পীড কন্ট্রোল কবিবার ব্যবস্থা।

(খ) তিন-পয়েন্ট স্টার্টার অপেক্ষা চাব-পয়েন্ট স্টার্টারের সুবিধা কি কি?

(গ) ব্যাক ই এম এফ।

১৯। একটি ডি, সি, মোটরে স্টার্টিং রিহেঙ্টাট কেন প্রয়োজন তাহা বর্ণনা কর। সার্ট মোটেবে কোন্ সার্কিটে স্টার্টিং বিহেঙ্টাট লাগান হয়?

একটি সার্ট মোটেবে ব্যবহার কবাব উপযুক্ত 3-point starter-box-এর আভ্যন্তরীণ কনেক্শন পৰিষ্কার ভাবে আঁকিয়া দেখাও।

২০। কি কি উপায়ে ডি সি সার্ট মোটেবেব গতি নিয়ন্ত্রণ কবা যায় তাহা বর্ণনা কব। সার্ট মোটেবেব নবম্যানাল পেটি অপেক্ষা কম গতি পাইতে হইলে তুমি কি উপায় অবলম্বন করিবে?

২১। নিম্নোক্ত বিষয়গুলিব কাবণ দাও :—

(ক) একটি Shunt মোটরের Shunt Regulator Starting হাতলের সহিত interlocked থাকা বাঞ্ছনীয়।

[সার্ট ফীল্ডের রেগুলেটর এবং স্টার্টারের হাতল উভয়ে পবস্পরের মধ্যে এমনভাবে আবদ্ধ থাকে যে, রেগুলেটরের পূরা রেজিস্ট্যান্স ফীল্ড-সার্কিটে দেওয়া না থাকিলে, কিংবা রেগুলেটরের সংযোগ খোলা থাকিলে, স্টার্টারের হাতলকে সরাইয়া

মোটর চালু করা যায় না। এইরূপ ব্যবস্থা থাকা নিম্নলিখিত কারণগুলির জন্ত বাঞ্ছনীয় :—

(১০) মোটর চালু করিবার সময় সাণ্ট মোটরের ফীল্ড-সারকিটে স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স কাজ করে না ; তাই রেগুলেটোরের পূরা রেজিস্ট্যান্স ফীল্ড-সারকিটে দেওয়া না থাকিলে ঐ সময় ফীল্ড দিয়া বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হইয়া কয়েল পোড়াইয়া ফেলিতে পারে।

(১১) রেগুলেটোরের সংযোগ খোলা থাকিলে চুম্বক-ক্ষেত্রে বলরেখা উৎপন্ন হইতে পারে না। ইহাতে আর্মেচারের গতিবেগ বৃদ্ধি পাইয়া মোটরের পক্ষে বিপজ্জনক হইয়া ওঠে।]

(খ) একটি Series Motor Belt-এর সাহায্যে মেশিন চালাইলে বিপদ ঘটিতে পারে।

(গ) Cumulatively Compounded Motor বেশীর ভাগ ভারী machine tools চালাইবার জন্ত ব্যবহৃত হয়।

২২। (ক) ডি, সি, সাণ্ট-মটরের জন্ত থ্রু-পয়েন্ট ফেসপ্লেট টাইপ স্টার্টার-এর সাপ্লাই এবং মটরের সঙ্গে কানেকশন সম্বন্ধে একটি নক্সা অঙ্কন কর।

(খ) থ্রু-পয়েন্ট স্টার্টারের পরিবর্তে ফোর-পয়েন্ট স্টার্টার ব্যবহার কখন করা হয় এবং কেন করা হয়?

২৩। (ক) ডি সি মোটরে “ব্যাক ই এম এফ” বলিতে কি বুঝায়? মোটরের আর্মেচার কারেন্টের উপর এই “ব্যাক ই এম এফ” এর প্রভাব কি?

(খ) একটি চালু ডি, সি, সাণ্ট মোটরের ফিল্ড ওপেন সার্কিট হইয়া গেলে কি ঘটবে?

(গ) একটি ডি, সি, ডিফারেন্সিয়াল কম্পাউণ্ড মোটর স্টার্ট করিবার সময় কি ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে যাহাতে মোটরটি যেরদিকে ঘোরার কথা তাহার বিপরীত দিকে ঘুরিতে না শুরু করে?

(ঘ) একটি ডি, সি, সাণ্ট মোটর যেরদিকে ঘুরিতেছে তাহার বিপরীত দিকে ঘুরাইতে হইলে কি করিতে হইবে? যদি লাইনের টার্মিনাল দুইটি উল্টাইয়া দেওয়া যায়, তাহা হইলে কি ফল হইবে?

২৪। (ক) “Back e. m. f.” বলিতে কি বুঝায়? “Back e.m.f.” প্রযুক্ত ভোল্টেজ হইতে বেশী না কম?

(খ) একটি ডি, সি, মোটর কি নিয়মে চলে তাহা বর্ণনা কর।

২৫। (ক) সাণ্ট মোটরের গতি পরিবর্তন করিবার তিনটি বিভিন্ন উপায় বর্ণনা কর, যাহা দ্বারা মোটরটিকে—

(১) স্বাভাবিক গতি অপেক্ষা কম গতিতে চালানো যায় ;

(২) • স্বাভাবিক গতি অপেক্ষা বেশী গতিতে চালানো যায় ; এবং

(৩) যে-কোন বাহ্যিক গতিতে চালানো যায় ।

(খ) কোথায় এবং কি উদ্দেশ্যে ড্রাম কন্ট্রোলার ব্যবহৃত হয় ? এই ধরনের কন্ট্রোলারে Blow-out coil কেন সাধারণত ব্যবহার করা হয় ? Blow-out coil সার্কিটে কিভাবে সংযোগ করা হয় ?

২৬। ফ্রেমিং-এর বাম-হস্ত নিয়ম বিবৃত কর। কোথায় এবং কি কাজে এই নিয়ম প্রয়োগ করা হয় ?

২৭। একটি ডি. সি. মোটর চলিতে থাকাকালীন উহার আর্মেচারে যে ঘূর্ণক উৎপন্ন হয়, সেই ঘূর্ণকের পরিমাণ নিউটন-মিটারে নির্ণয় কর। কি কি বিষয়ের উপর ঘূর্ণকের পরিমাণ নির্ভর করে ?

একটি ৫০ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন ডি. সি. মোটর প্রতি মিনিটে ৪৮০ পাক ঘোরে। ঐ মোটরের আর্মেচারে কত নিউটন-মিটার ঘূর্ণক উৎপন্ন হয় ?

(উঃ ৭৩৮.৬ নিউটন-মিটার)

২৮। ডি. সি. মোটরের পরিচালনা যে তিনটি মূল সূত্রের সাহায্যে নিয়ন্ত্রিত হয়, তাহাদের উল্লেখ কর। এই তিনটি সূত্রের কোনটি হইতে কি কি জ্ঞাতব্য বিষয় জানা যায় তাহাও বল।

২৯। ডি. সি. মোটরে সহায়ক-পোল (interpoles) ব্যবহার করা হয় কেন ? কিভাবে এই পোলের ওয়াইণ্ডিং সংযুক্ত থাকে ? উপযুক্ত চিত্রে ইহাদের অবস্থান দেখাইয়া তোমার উত্তর লিখ।

৩০। কত প্রকার ডি. সি. মোটর দোহাতে পাওয়া যায় ? সরবরাহ লাইনের সহিত প্রত্যেক প্রকার মোটরের আর্মেচার ও ফিল্ডের সংযোগ পরিকার চিত্র অঙ্কন করিয়া দেখাও।

২৫০-ভোল্ট লাইন হইতে একটি ৪-পোলের ডি. সি. সার্ট মোটরে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয়। মোটরের আর্মেচার ওয়েভ ওয়াইণ্ডিং যুক্ত এবং আর্মেচারের খাজে ৪৭২টি পরিবাহী আছে। যদি চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা ৩৬ মিলিওয়েবার এবং আর্মেচারের রোধ নগণ্য হয়, তবে লোডশুল্ক অবস্থায় মোটরের গতিবেগ কত হইবে ?

(উঃ প্রতি মিনিটে ৪৪১ পাক)

৩২। পূরা লোডসহ চলিবার সময় একটি সার্ট মোটর ২২০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ৫০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। আর্মেচারের রোধ ০.১ ওম, সার্ট ফিল্ডের রোধ ৫৫ ওম এবং ঘর্ষণ ও লোহার অংশের অপচয় একত্রে ১২০০ ওয়াট। এই অবস্থায় মোটরের অশ্ব-শক্তি এবং আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

(উঃ ১১.৬৬ অশ্ব-শক্তি ; ২১৫.৪ ভোল্ট)

৩৩। ডি. সি. সার্ট মোটর কি ধরনের কাজের পক্ষে উপযোগী ? এই মোটরের আর্মেচারকে বিপরীতদিকে ঘুরাইতে হইলে কি কি উপায়ে তাহা করা যায় ?

বিপরীতদিকে ঘুরাইবার সময় সরবরাহ লাইনের সহিত আর্মেচার এবং ফীল্ডের সংযোগ যেভাবে থাকে, তাহা চিত্র অঙ্কন করিয়া দেখাও।

৩৪। সরবরাহ লাইনের সহিত একটি ডি.সি. সিরিজ মোটর যেভাবে সংযুক্ত থাকে, তাহা চিত্র অঙ্কন করিয়া দেখাও।

একটি ৪-পোলার সিরিজ মোটর ২৫০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ৪৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। মোটরের আর্মেচারে ১০৫টি খাঁজ আছে, আর প্রতি খাঁজে ১২টি করিয়া পরিবাহী বসানো আছে। চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা ০.০২ ওয়েবায়, আর্মেচারের রোধ ০.২ ওম, সিরিজ ফীল্ডের রোধ ০.১ ওম এবং ঘর্ষণ ও লোহার অংশের অপচয় একত্রে ৭০০ ওয়াট। যদি আর্মেচার ওয়েড ওয়াইণ্ডিংযুক্ত হয়, তবে মোটরের (ক) ঘূর্ণক, (খ) গতিবেগ, (গ) ব্রেক হর্স পাওয়ার, এবং (ঘ) কর্ম-ক্ষমতা কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

(উঃ (ক) ৩৩৬ নিউটন-মিটার, (খ) প্রতি মিনিটে ২৮২ পাক; (গ) ১৩.৩ অশ-শক্তি; (ঘ) ৮০%)

৩৫। একটি ২২০-ভোল্ট সিরিজ মোটর পূরা লোডসহ চলিবার সময় ৪০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। আর্মেচারের রোধ ০.৫ ওম এবং সিরিজ ফীল্ডের রোধ ০.২৫ ওম। এই অবস্থায় মোটরের

(ক) দুই ব্রাশের মধ্যে তড়িৎ-চাপ, এবং

(খ) আর্মেচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ (back e. m. f.) কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

(উঃ (ক) ২১০ ভোল্ট; (খ) ১২০ ভোল্ট)

৩৬। ডি. সি. সিরিজ মোটর কি ধরনের কাজের পক্ষে উপযোগী? এই মোটরের শাফ্টের সহিত লোডকে বেল্টের সাহায্যে সংযুক্ত করা উচিত নহে কেন? একটি সিরিজ মোটরকে বিপরীতদিকে ঘুরাইতে হইলে যে-সকল উপায় অবলম্বন করিয়া তাহা করা যায়, চিত্র অঙ্কন করিয়া তাহাদের ব্যাখ্যা কর।

৩৭। কম্পাউণ্ড মোটর কত রকমের হয়? সরবরাহ লাইনের সহিত প্রত্যেক মোটরের সংযোগ চিত্র অঙ্কন করিয়া দেখাও। লোড যেখানে অনবরত পরিবর্তিত হইতে থাকে, সেখানে কোন্ মোটর ব্যবহার করিবে? ডিকারেন্স্‌শাল কম্পাউণ্ড মোটরে খুব বেশী লোড পড়িলে কি ধরনের বিপদ দেখা দিতে পারে?

৩৮। ক্রেন, এলিভেটর, ট্রামগাড়ী, বৈদ্যুতিক ট্রেন প্রভৃতি সিরিজ মোটরের সাহায্যে চালানো যায়; কিন্তু কার্ণক্ষেত্রে ইহাদের পরিচালনা করিবার জগ্য সাধারণতঃ কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর কেন ব্যবহার করা হয়, তাহার কারণ ব্যাখ্যা কর।

৩৯। কিউমিউলেটিভ এবং ডিকারেন্স্‌শাল কম্পাউণ্ড মোটরকে বিপরীতদিকে ঘুরাইবার জন্ত যে-সকল পদ্ধতি অবলম্বন করা চলে, চিত্র অঙ্কন করিয়া তাহাদের বর্ণনা কর।

৪০। সাল্ট, সিরিজ এবং কম্পাউণ্ড জেনারেটর যখন মোটর হিসাবে পরিচালিত হয়, তখন আর্মেচার কোন্ দিকে ঘোরে তাহা চিত্র অঙ্কন করিয়া বুঝাও।

৪১। চালু করিবার সময় একটি ডি. সি. মোটরের আর্থেচার দিয়া খুব বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হইতে চেষ্টা করে—ইহার কারণ ব্যাখ্যা কর। কিভাবে এই কারেন্টের পরিমাণ কমান্বিয়া পূরা লোডসহ চলিবার সময় মোটর যে-পরিমাণ কারেন্ট গ্রহণ করে, তাহার সমান কিংবা তাহা অপেক্ষা কিছু বেশী রাখা হয় ?

৪২। ডি. সি. মোটরের স্টাটারে যে-সকল ভিন্ন ভিন্ন অংশ ব্যবহার করা হয়, তাহাদের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। কোন অংশ কি কাজ করে তাহা বুঝাইয়া বল।

৪৩। যে স্টাটারের সাহায্যে ডি. সি. সিরিজ মোটর চালু করা যায়, সেইরূপ একটি “ফেস্-প্লেট” ধরনের স্টাটার পরিষ্কার নক্সা অঙ্কন করিয়া দেখাও। স্টাটারের বিভিন্ন অংশের সহিত মোটর এবং স্ক্রইচের সংযোগও দেখাইতে হইবে। স্টাটারের হাতলকে চালু-অবস্থানে (ON-position) ধরিয়া রাখিবার জন্ত যে তড়িৎ-চুম্বকটি ব্যবহার করা হয়, সেই চুম্বকে উৎকর্ষন দেওয়ার জন্ত কি কি ধরনের কয়েল ব্যবহার করা চলে ?

৪৪। সিরিজ মোটরের স্টাটারে নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল, নো-লোড রিলীজ কয়েল আর ওভার-লোড রিলীজ কয়েল কি উদ্দেশ্যে ব্যবহার করা হয় ? একই স্টাটারে নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল আর নো-লোড রিলীজ কয়েল ব্যবহার করা চলে কি ?

৪৫। কন্ট্রোলার কোথায় এবং কি ধরনের কাজে ব্যবহার করা হয় ? স্টাটারের সহিত ইহার পার্থক্য কি কি ? সাধারণতঃ কন্ট্রোলারে থার্ম্যাল প্রোটেকশন ব্যবহার করা হয় কেন ?

৪৬। হস্তচালিত স্টাটার অপেক্ষা স্বয়ংক্রিয় স্টাটারে কি কি বেশী সুবিধা পাওয়া যায় ? একটি পরিষ্কার নক্সা অঙ্কন করিয়া সরবরাহ লাইন এবং মোটরের সহিত যে-কোন ধরনের একটি স্বয়ংক্রিয় স্টাটারের সংযোগ দেখাও। মোটর চালু করিবার সময় এই স্টাটার কিভাবে কাজ করে তাহা বুঝাইয়া বল।

৪৭। কন্ট্রোলারে কিংবা স্বয়ংক্রিয় স্টাটারে স্থির কন্ট্যাক্টের সহিত চলনশীল কন্ট্যাক্টের সংযোগ যখন খুলিতে আরম্ভ করে, তখন উভয় কন্ট্যাক্টের মধ্যে বৈদ্যুতিক আর্ক উৎপন্ন হইতে থাকে। যে ব্যবস্থা অবলম্বন করিলে এই আর্ক নির্বাপিত করা যায়, তাহা চিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাও।

৪৮। চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রখরতা নিয়ন্ত্রণ (Field Control) করিয়া যখন সাণ্ট এবং সিরিজ মোটরের গতিবেগ কম-বেশী করা হয়, তখন মোটরের গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে যে ধরনের সম্বন্ধ থাকে, তাহা রেখাচিত্র অঙ্কন করিয়া দেখাও। এই ব্যবস্থায় মোটরের সর্বোচ্চ আর সর্বনিম্ন গতিবেগ কিসের দ্বারা নির্ধারিত হয় ?

৪৯। আর্থেচারের সহিত পরিবর্তনশীল রোধক সিরিজে যোগ করিয়া মোটরের গতিবেগ কিভাবে নিয়ন্ত্রণ করা যায়, তাহা বুঝাইয়া বল। মোটরকে খুব আন্তে ঢালাইবার সময় এই ব্যবস্থায় কি অসুবিধা দেখা দেয় ?

৫০। ডি. সি. মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করিতে “ম্যান্টিভোল্টেজ কন্ট্রোল” কিভাবে প্রয়োগ করা হয়, তাহা একটি পরিষ্কার নক্সার সাহায্যে বুঝাও। এই ব্যবস্থায় অল্প কোন্ মেনিনের প্রয়োজন হয়? কোন্ ধরনের কাজের পক্ষে এই পদ্ধতি উপযোগী, আর কেনই বা ইহার ব্যবহার অতিশয় সীমাবদ্ধ, তাহা বুঝাইয়া বল।

৫১। কখন এবং কি ধরনের কাজের জন্য ওয়ার্ড-লিয়োনার্ড পদ্ধতির সাহায্যে ডি. সি. মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা হয় বল। মোটরকে উভয় দিকে ঘুরাইতে হইলে যেভাবে সংযোগ করিতে হয়, তাহা একটি পরিষ্কার নক্সা অঙ্কন করিয়া দেখাও।

৫২। মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করিতে মেটাডাইন পদ্ধতি কোথায় এবং কখন ব্যবহার করা হয়? ইহাতে কি কি মেনিন ব্যবহৃত হয় এবং তাহাদের সংযোগ কিভাবে থাকে, তাহা নক্সা অঙ্কন করিয়া দেখাও।

৫৩। সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও—

(ক) সিরিজ-প্যার্যালেল নিয়ন্ত্রণ পদ্ধতি।

(খ) ম্যান্টিপ্-ইউনিট নিয়ন্ত্রণ পদ্ধতি।

৫৪। বৈদ্যুতিক উপায় অবলম্বন করিয়া কত রকমে একটি চালু মোটরের গতিরোধ করা যায় বল। প্রত্যেকটি উপায় চিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাও।

৫৫। একটি দুই-পোল বিশিষ্ট সিরিজ মোটরের ফীল্ড-কয়েল দুইটি যখন সিরিজে সংযুক্ত থাকে, তখন ঐ মোটর ৮৫-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ১০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ৭০৭ পাক ঘোরে। যদি ফীল্ড-কয়েল দুইটি এখন প্যার্যালেলে সংযুক্ত করা হয়, তবে ঘূর্ণকের পরিমাণ সমান থাকিলে মোটরের গতিবেগ কত হইবে তাহা নির্ণয় কর। আর্মেচারের রোধ ০.০৪ ওম এবং সিরিজ ফীল্ডের রোধ ০.০৩ ওম। মনে কর চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা আর্মেচার-কারেন্টের সমানুপাতি।
(উ: প্রতি মিনিটে ১০২৯ পাক)

৫৬। প্রতি মিনিটে ৭২০ পাক ঘুরিবার সময় একটি ৫০০-ভোল্ট সার্ট মোটরের আর্মেচার দিয়া ৫০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট যায়। আর্মেচারের রোধ ০.৪ ওম। যদি ঘূর্ণকের পরিমাণ সমান থাকে, তবে আর্মেচারের সহিত কত ওমের একটি রেজিস্ট্যান্স সিরিজে যোগ করিলে ঐ মোটর প্রতি মিনিটে ৬০০ পাক ঘুরিবে? (উ: ১৬ ওম)

৫৭। একটি সার্ট মোটর ১০০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ২৪০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ৪৬০ পাক ঘোরে। যদি চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা ফীল্ড-কারেন্টের সমানুপাতি হয়, তবে ঐ মোটর ২২০-ভোল্ট সরবরাহ লাইন হইতে ২০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লওয়ার সময় প্রতি মিনিটে কত পাক ঘুরিবে? যদি মেনিনটি এখন জেনারেটর হিসাবে পরিচালিত হয়, তবে উহার গতিবেগ কত হইলে লোড-সার্কিট ১৮০ ভোল্টে ১৫০ অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ সরবরাহ পাইবে?

(উ: প্রতি মিনিটে ৪২১ পাক; প্রতি মিনিটে ৫১১ পাক)

৫৮। বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ হইয়া গেলে হাতল বাহাতে খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসিতে পারে, প্রত্যেক স্টার্টারে সেইরূপ বন্দোবস্ত থাকা প্রয়োজন কেন তাহা ব্যাখ্যা কর।

৫৯। চালু করিবার সময় সাণ্ট মোটরের কোন সারকিটে পরিবর্তনশীল রোধক ব্যবহার করা হয়? সরবরাহ লাইনে এই রোধক ব্যবহার করা হয় না কেন?

৬০। সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ—

- (ক) ড্রাম কন্ট্রোলার।
- (খ) ম্যাগনেটিক ব্রো-আউট।
- (গ) ডাইনামিক ব্রেকিং।
- (ঘ) স্বয়ংক্রিয় স্টার্টার।
- (ঙ) রিজেনারেটিভ ব্রেকিং।
- (চ) প্রাগিং।

৬১। ডি. সি. জেনারেটর আর ডি. সি. মোটরের মধ্যে কি পার্থক্য আছে? একটি জেনারেটরকে মোটর হিসাবে ব্যবহার করা সম্ভব কি?

৬২। ডি. সি. মোটরের বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল কি? কিভাবে এবং কোথায় ইহা উৎপন্ন হয়? মোটরের গতিবেগ আর আর্মেচার-কারেন্টের উপর এই তড়িচ্চালক বলের প্রতিক্রিয়া কি ধরনের হইয়া থাকে?

৬৩। সাণ্ট, সিরিজ আর কম্পাউণ্ড—এই তিন শ্রেণীর মোটরের প্রত্যেকটির গতিবেগ আর ঘূর্ণকের মধ্যে যে ধরনের সম্বন্ধ থাকে, তাহা রেখাচিত্র অঙ্কন করিয়া ব্যাখ্যা কর। চুষক-ক্ষেত্রের প্রভাবতা আর মোটরের গতিবেগ উভয়ের মধ্যে সম্বন্ধ ডি. সি. মোটরের ক্ষেত্রে কিরূপ হয়?

৬৪। একটি নূতন ডি সি সাণ্ট মোটর ও স্টার্টার লাগাইবার (অর্থাৎ ইনস্টল করিবার) পর প্রথমবার চালু করিবার সময় দেখা গেল যে স্টার্টার এর হ্যাণ্ডেলটি শেষ “নচ”-এ দিবার সময় (অর্থাৎ পূরা “অন” অবস্থায়) স্টার্টারটি “ট্রিপ” করিয়া বাইতেছে। মোটর অথবা স্টার্টারের কোনখানে দোষ আছে এবং উহা কি প্রকারে মেরামত করিতে হইবে?

[প্রত্যেক সাণ্ট মোটরের স্টার্টারেই হাতলের সহিত একটি করিয়া স্ত্রীং লাগানো থাকে। এই স্ত্রীং সর্দা হাতলকে খোলা-অবস্থানের (Off-position) দিকে টানিয়া আনিতে চেষ্টা করে। মোটর চালু করিবার সময় হাতলকে যখন ঠেলিয়া ডান দিকের সব-শেষ বোতামের উপর আনা হয়, তখন একটি নরম লোহার তড়িৎ-চুষক হাতলের গায়ে দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকা এক টুকরা লোহাকে টানিয়া ধরে। এই তড়িৎ-চুষক “হোল্ড-আপ্-ম্যাগনেট” নামে পরিচিত, আর যে কয়েলের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইলে উহা উত্তেজিত পায়, তাহাকে স্টার্টারের “নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল” বলে। স্ত্রীং যত জোরে হাতলকে টানে, তাহা অপেক্ষা বেশী জোরে তড়িৎ-চুষক হাতলকে আকর্ষণ করে বলিয়া মোটর যতক্ষণ চলিতে থাকে, ততক্ষণ হাতল

“চালু-অবস্থানেই” (ON-position) থাকিয়া যায়। এখন, মোটর চালু করিতে গিয়া যদি দেখা যায় যে, হাতলটি ডান দিকের সব-শেষ বোতামের উপর পৌছাইবার পরে চালক হাত সরাইয়া লওয়া স্বাভাবিক উহা পুনরায় খোলা-অবস্থানে ফিরিয়া আসিতেছে, তবে বুঝিতে হইবে যে-কোন কারণেই হউক তড়িৎ-চুম্বকের আকর্ষণ শক্তি হয় খুব কমিয়া গিয়াছে, আর না হয় উহাতে আদৌ কোন উত্তেজন নাই। এই অবস্থা নানা কারণে ঘটিতে পারে—

(১) স্প্রিং মোটরের জন্ত যখন তিন-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টার ব্যবহার করা হয়, তখন মোটরের ফীল্ড-কয়েল আর ফীল্ড রেগুলেটর নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েলের সহিত সিরিজে যোগ করা থাকে। এই অবস্থায় যদি রেগুলেটরের রেজিস্ট্যান্স খুব বেশী পরিমাণে সার্কিটে সংযুক্ত থাকে, তবে ফীল্ড আর নো-ভোল্ট কয়েল দিয়া খুব সামান্য কারেন্ট প্রবাহিত হইতে পারে। ইহাতে তড়িৎ-চুম্বক খুব দুর্বল হইয়া পড়ে, আর স্প্রিংয়ের টানে হাতল তখন খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে।

ফীল্ড দিয়া খুব সামান্য কারেন্ট প্রবাহিত হইতে থাকিলে মোটর উহার নির্দিষ্ট গতিবেগে অপেক্ষা অনেক বেশী জোরে ঘুরিতে আরম্ভ করে। সুতরাং মোটরের গতিবেগের দিকে লক্ষ্য রাখিলেই এই ত্রুটি ধরা পড়ে। তখন রেগুলেটরের রেজিস্ট্যান্স কিছু কম করিয়া দিলেই ফীল্ড দিয়া কারেন্ট নির্দিষ্ট পরিমাণে প্রবাহিত হইতে পারে, আর ইহাতে তড়িৎ-চুম্বক ঠিকমত উত্তেজন পায় বলিয়া স্টার্টারের হাতলকে আকর্ষণ করিয়া মোটরের চালু-অবস্থানে ধরিয়া রাখিতে সক্ষম হয়।

(২) মোটরে অতিরিক্ত লোড পড়িলে ওভার-লোড রিলীজ কয়েলের দ্বারা উত্তেজিত একটি তড়িৎ-চুম্বক উহার সম্মুখে অবস্থিত এক টুকরা লোহাকে আকর্ষণ করে। লোহার টুকরা এমনভাবে রাখা থাকে যাহাতে তাহা একদিকের একটি কীলক অবলম্বন করিয়া ঘুরিতে পারে। কীলকের অন্তর্দিকে একটি কন্ট্যাক্ট থাকে। চুম্বক উত্তেজিত হইয়া লোহাকে আকর্ষণ করিবারাত্র এই কন্ট্যাক্ট নো-ভোল্ট কয়েলের দুই প্রান্তের মধ্যে সর্ট-সার্কিট করিয়া দেয়। তখন ঐ কয়েল দিয়া কোন কারেন্ট প্রবাহিত হইতে পারে না বলিয়া স্প্রিংয়ের আকর্ষণে হাতল খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে।

এখন, স্টার্টারের মধ্যে কোন ত্রুটি দেখা দেওয়ার জন্ত কীলকের উপর অবস্থিত কন্ট্যাক্ট যদি সর্বদাই নো-ভোল্ট কয়েলের দুই প্রান্তের মধ্যে সর্ট-সার্কিট করিয়া রাখে, তবে হাত দিয়া যতক্ষণ স্টার্টারের হাতলকে ধরিয়া রাখা যাইবে, ততক্ষণ মোটর স্বাভাবিক গতিবেগেই চলিতে থাকিবে। কিন্তু হাত সরাইয়া লইলেই হাতল খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসিবে। এই অবস্থায় প্রথমে স্টার্টারের ঢাকনা খুলিয়া ভিতরে কি ঘোষ ঘটিয়াছে তাহা খুঁজিয়া বাহির করিতে হইবে, পরে কীলকের উপর কন্ট্যাক্ট যাহাতে ঠিকমত কাজ করিতে পারে সেইভাবে স্টার্টারটি মেরামত করিয়া লইলেই মোটর যথাবিধি চালু করা যাইবে।

(৩) চার-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টারের ক্ষেত্রে মোটরের ফীল্ড-সার্কিটের সহিত নো-ভোল্ট কয়েলের কোন সংযোগ থাকে না। এই শ্রেণীর স্টার্টারে নো-ভোল্ট

রিলীজ কয়েল একটি অতিরিক্ত রেজিস্ট্যান্সের সহিত সিরিজে যুক্ত হইয়া পজিটিভ ও নেগেটিভ লাইনের মধ্যে সরাসরি সংযুক্ত থাকে। সুইচ হইতে যে নেগেটিভ লাইন বাহির হইয়া আসে, তাহার সহিত সংযোগের জন্য স্টার্টারে একটি অতিরিক্ত টার্মিনাল রাখা হয়। এখন, এই টার্মিনালের সহিত নেগেটিভ লাইনের সংযোগ যদি ঠিকমত না হয়, কিংবা স্টার্টারের ভিতরে এই টার্মিনালের সহিত নো-ভোল্ট কয়েলের সংযোগ কোথাও যদি খোলা থাকে, তবে নো-ভোল্ট কয়েল দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ থাকিবে এবং ঐ কয়েলের চুম্বক কোন উত্তেজন পাইবে না। তখন বোতামের উপর হাতলকে চাপিয়া ধরিলে মোটর ঠিকমত চলিবে বটে, কিন্তু হাত সরাইয়া নইলেই উহা খোলা-অবস্থানে ফিরিয়া আসিবে।

এই অবস্থার প্রতিকারের জন্য স্টার্টারের ঢাকনা খুলিয়া দিয়া যে প্রান্তের সহিত নেগেটিভ লাইন সংযুক্ত হওয়ার কথা, তাহার সহিত সব কয়টি তারের সংযোগ ঠিকমত আছে কিনা তাহা ভালভাবে পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইবে। তাহা ছাড়া, স্টার্টিং রেজিস্ট্যান্সের প্রথম বোতামের সহিত (অর্থাৎ যে বোতামের উপর হাতল আসিলে মোটর সর্বপ্রথম চলিতে শুরু করে), কিংবা অতিরিক্ত রেজিস্ট্যান্সের সহিত নো-ভোল্ট কয়েলের সংযোগ কোথাও খোলা আছে কিনা, তাহাও পরীক্ষা করিয়া দেখা আবশ্যক।

(৪) চার-প্রান্ত ওয়ালা স্টার্টারে নো-ভোল্ট কয়েলের মধ্যে কোন দোষ থাকিলে হোল্ড-আপ ম্যাগনেট উত্তেজন পায় না বটে, কিন্তু স্টার্টিং রেজিস্ট্যান্সের বোতামের উপর হাতলকে যতক্ষণ চাপিয়া রাখা যায়, ততক্ষণ মোটর ঠিকমতই চলিতে থাকে। নো-ভোল্ট কয়েলে এই দোষ নানাভাবে দেখা দেয়। কয়েলের তার উহার পাকের মধ্যে কোথাও কাটা থাকিতে পারে। আবার তারের উপরের অন্তরণ (insulation) নষ্ট হইয়া যাওয়াতে দুই বা ততোধিক পাকের মধ্যে, কিংবা কয়েল আর চুম্বকের মধ্যে, কিংবা কয়েল আর স্টার্টারের বাস্কের মধ্যে স্ট-সার্কিট হওয়াও সম্ভব। স্টার্টারের ঢাকনা খুলিয়া দিয়া একটি ইনসুলেশন টেস্টিং মেগার অথবা একটি বৈদ্যুতিক ঘণ্টা ও একটি ড্রাই ব্যাটারি সিরিজে সংযুক্ত করিয়া তাহার সাহায্যে কয়েলের এই দোষ বাহির করা যায়। নো-ভোল্ট কয়েলের দুই প্রান্তের সহিত বৈদ্যুতিক ঘণ্টার খোলা প্রান্ত আর ড্রাই ব্যাটারির খোলা প্রান্ত সংযুক্ত করিয়া দিলে ঘণ্টা যদি না বাজে, তবে বুঝিতে হইবে কয়েলের তার এক বা একাধিক জায়গায় কাটা আছে। আবার বৈদ্যুতিক ঘণ্টার খোলা প্রান্ত নো-ভোল্ট কয়েলের এক প্রান্তের সহিত সংযুক্ত করিয়া ড্রাই ব্যাটারির খোলা প্রান্ত তড়িৎ-চুম্বক অথবা স্টার্টারের বাস্কের গায়ে ঠেকাইলে যদি ঘণ্টা বাজিয়া ওঠে, তবে বুঝিতে হইবে উহাদের মধ্যে স্ট আছে। তখন কয়েলটি বদলাইয়া দিতে হইবে।

(৫) মোটরে যত বেশী লোড পড়িলে ওভার-লোড রিলীজ কাজ করে, তাহা প্রয়োজনমত নির্দিষ্ট করিয়া দিবার ব্যবস্থা সাধারণতঃ স্টার্টারের মধ্যেই করা থাকে। এখন, ভুলবশতঃ স্টার্টারে যদি এমন বন্দোবস্ত করা থাকে যাহাতে মোটর দিয়া পুরা লোডের কারেন্ট প্রবাহিত হইতে শুরু করিলেই ওভার-লোড কয়েলের চুম্বক সক্রিয়

হইয়া ওঠে, তবে পূরা লোডসহ মোটরকে চালু করা কখনই সম্ভব হইবে না, অর্থাৎ পূরা লোডই তখন মোটরের পক্ষে অতিরিক্ত লোড হইয়া দাঁড়াইবে। এই অবস্থায় স্টার্টারের হাতল চালু-অবস্থানে পৌছাইবার পরে মোটরের চালক হাত সরাইয়া লওয়া মাত্র উহা পুনরায় খোলা-অবস্থানে ফিরিয়া আসিবে।

স্টার্টারের মধ্যে যে বন্দোবস্তের সাহায্যে মোটর দিয়া প্রবাহিত কারেন্টের সর্বোচ্চ পরিমাণ নির্দিষ্ট করা থাকে, তাহা প্রয়োজন অল্পধারী ঠিক করিয়া নহিলেই এই অস্থিবিধা দূর হইবে।

(৬) মোটরের শাফট যদি বেয়ারিংয়ের মধ্যে জাঁটা (jam) থাকে, অথবা আর্মচার-কোর যদি পোল-কোরের গায়ে কোথাও ঠেকিয়া যায়, তবে চালু করার সময় মোটর খুব বেশী কারেন্ট লইতে চেষ্টা করে। ইহাতেও ওভার-লোড কয়েলের চুম্বক সক্রিয় হইয়া উঠিতে পারে। তখন স্টার্টারের হাতল আর চালু অবস্থানে দাঁড়াইয়া থাকিতে পারে না।

শাফট বাহাতে বেয়ারিংয়ের মধ্যে স্বচ্ছন্দে ঘুরিতে পারে, কিংবা আর্মচার আর পোল কোরের মধ্যে হাওয়ার-গ্যাপ (air-gap) বাহাতে চারিপাশে সমান আর পরিমাণ মত থাকে, সেইরূপ বন্দোবস্ত করিতে পারিলেই মোটর চালু করার এই অস্থিবিধা দূর হইবে।

(৭) হাতলের গায়ে যে স্প্রিংটি লাগানো থাকে, তাহাতে দোষ থাকিলে স্প্রিং যতটা সম্প্রসারিত হওয়া প্রয়োজন, অনেক সময় ততটা হয় না। ইহাতে হাতল যখন ডান দিকের সব-শেষ বোতামের উপর আনে, তখন উহার গায়ে আবদ্ধ লোহার টুকরাটি কিছুটা দূরে থাকিয়া যায়; ফলে তড়িৎ-চুম্বক আর ঐ লোহাকে উপযুক্ত জোরে আকর্ষণ করিতে পারে না।

স্টার্টারের ঢাকনা খুলিয়া দিয়া হাতলকে ডান দিকে সরাইবার পর লোহার টুকরা তড়িৎ-চুম্বকের গায়ে ঠেকিতেছে কিনা, তাহা ভালভাবে লক্ষ্য করিলেই স্প্রিংয়ের এই দোষ ধরা পড়িবে। তখন প্রয়োজন হইলে স্প্রিংটি বদলাইয়া দিতে হইবে।]

সমগ্র পরিচ্ছেদ

ডি. সি. মেশিনের কর্মক্ষমতা এবং শক্তির অপচয় (Efficiency and Losses of D. C. Machines)

কোন মেশিনের উৎপাদিত শক্তি আর গৃহীত শক্তির অনুপাতকে ঐ মেশিনের কর্মক্ষমতা বলা হয়। মেশিনকে পরিচালনা করিবার সময় বাহির হইতে যে শক্তি উহাতে দেওয়া হয় ইংরাজিতে তাহাকে “ইনপুট”, আর মেশিন যে শক্তি উৎপন্ন করিয়া লোডে সরবরাহ করে তাহাকে “আউটপুট” বলে। তাই সংক্ষেপে, ইংরাজিতে—

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}},$$

আর বাংলায়—

$$\text{কর্মক্ষমতা} = \frac{\text{উৎপাদিত শক্তি}}{\text{গৃহীত শক্তি}}.$$

মেশিন বাহির হইতে যত শক্তি গ্রহণ করে, ততশক্তি লোডকে কখনই সরবরাহ করিতে পারে না; কারণ মেশিনের ভিতরে নানাভাবে কিছু না কিছু শক্তির অপচয় ঘটেই। তাই মেশিনের কর্মক্ষমতার অঙ্ক সর্বদাই একক অপেক্ষা কম থাকে। এই কর্মক্ষমতা সাধারণতঃ দশমিকে কিংবা শতকরা হারে প্রকাশ করা হয়। উদাহরণ স্বরূপ, যখন কোন মেশিনের কর্মক্ষমতা ০.৯ কিংবা শতকরা ৯০ ভাগ বলা হয়, তখন বুঝিতে হইবে যে, ঐ মেশিন বাহির হইতে যত শক্তি গ্রহণ করে তাহার শতকরা ৯০ ভাগ অংশ (অধিকাংশ ক্ষেত্রেই রূপান্তরিত অবস্থায়) লোডকে সরবরাহ করিতে পারে। এখন, চালু থাকা অবস্থায় যে যে কারণে একটি ডি. সি. মেশিনে শক্তির অপচয় ঘটে, তাহাদের নিয়ে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল। ডি. সি. জেনারেটর আর ডি. সি. মোটর অভিন্ন মেশিন বলিয়া তাহাদের মধ্যে একই ধরনের শক্তির অপচয় ঘটিয়া থাকে।

৭-১। ডি. সি. মেশিনে বিভিন্ন প্রকারের শক্তির অপচয় (Different Losses in a D. C. Machine)

ডি. সি. মেশিনে প্রধানতঃ তিনভাবে শক্তির অপচয় ঘটে। এই অপচয় যেভাবেই হউক না কেন, তাহা তাপে পরিণত হইয়া মেশিনকে গরম করিতে থাকে। তাই মেশিন তৈরীর পরিকল্পনা রচনা করিবার সময় এই সব তাপ বাহাতে সহজে বাহির হইয়া যাইতে পারে, সেইরূপ ব্যবস্থা রাখিতে হয়। একটি ডি. সি. মেশিনকে জেনারেটর কিংবা মোটর—যেভাবেই চালানো হউক না কেন, নিম্নলিখিত অপচয়গুলি ঐ মেশিনে ঘটিবেই—

(১) তারার অংশের অপচয় (Copper Losses) ;

(২) লোহার অংশের অপচয় (Iron Losses or Core Losses) ;

(৩) ঘর্ষণ ও হাওয়া কাটার জন্ত অপচয় (Friction & Windage Losses) ।

(১) তারার অংশের অপচয় :

এই অপচয়কে অনেক সময় “বৈদ্যুতিক অপচয়” (electrical losses) বল হয় । আবার ইহাই $I_a^2 R_a$ -অপচয় নামে পরিচিত । মেনিনে যে-সকল তারার কয়েল ব্যবহার করা হয়, তাহাদের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় ঐ সকল কয়েলের রেজিস্ট্যান্সে শক্তির অপচয় ঘটিতে থাকে । তাই ইহাকে বৈদ্যুতিক অপচয় বলে ।

(১০) আর্মচারের অপচয় :—

আর্মচারের কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় ঐ কয়েলগুলি গরম হইয়া ওঠে । ইহাতে অবশ্যই তড়িৎ-শক্তির অপচয় ঘটে । আবার যখন তড়িৎ-প্রবাহ কম্বুটেটার আর ব্রাশের মধ্য দিয়া যায়, তখন উহাদের মধ্যেও শক্তির অপচয় ঘটিতে থাকে । এই সকল অপচয় যদি P_a -দ্বারা চিহ্নিত করা যায়, তবে

$$P_a = I_a^2 R_a \text{ ওয়াট}$$

হইবে । এখানে I_a -দ্বারা আর্মচার-সারকিটের কারেন্ট আর R_a -দ্বারা আর্মচারের চুই প্রাক্টের মধ্যবর্তী সমস্ত রেজিস্ট্যান্স নির্দেশ করা হইতেছে । এই রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ আর্মচার-ওয়াইণ্ডিংয়ের রোধ, কম্বুটেটারের রোধ, ব্রাশের রোধ এবং কম্বুটেটার ও ব্রাশের সংযোগস্থলের রোধ একত্র করিয়া পাওয়া যায় । আর্মচারের অপচয় নির্ণয় করিবার সময় এই সকল রোধ সর্বদা সমান থাকে—এইরূপ ধরিয়া লওয়া হয় । পুরা লোডে একটি মেনিনে যতটা শক্তির অপচয় ঘটে, তাহার প্রায় শতকরা ৩০ হইতে ৪০ ভাগ অপচয় আর্মচারে হইয়া থাকে ।

(২০) ফিল্ডের অপচয় :—

তড়িৎ-চুম্বকে উত্তেজন দেওয়ার জন্ত ফিল্ড-কয়েল দিয়া যখন কারেন্ট পাঠানো হয়, তখন কয়েলের রেজিস্ট্যান্সে শক্তির অপচয় ঘটে । ইহাকে ফিল্ডের অপচয় বলে । যদি সাণ্ট ফিল্ড দিয়া $I_{f,h}$ -অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয়, আর মেনিনের প্রাক্টিক-চাপ V -ভোল্ট থাকে, তবে ঐ ফিল্ডের অপচয়

$$P_{f,h} = I_{f,h}^2 R_{f,h} = V I_{f,h} \text{ ওয়াট}$$

হইবে । এখানে $R_{f,h}$ দ্বারা ফিল্ড-কয়েল আর রেগুলেটোরের রোধ একত্র করিয়া দেখানো হইয়াছে । সিরিজ ফিল্ডের অপচয় হইবে

$$P_{f,s} = I_{f,s}^2 R_{f,s} \text{ ওয়াট ।}$$

সিরিজ ফিল্ডের কয়েল দিয়া যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, $I_{f,s}$ তাহাই নির্দেশ করিতেছে । কয়েলের সংযোগ জন্ত দ্বারা $I_{f,s}$ আর্মচার-কারেন্টের সমান হইতে পারে, আবার তাহা অপেক্ষা কমও হইতে পারে । ফিল্ড-সারকিটে যখন কোন রেজিস্ট্যান্স না থাকে, $R_{f,s}$ তখন কেবলমাত্র ফিল্ড-কয়েলের রেজিস্ট্যান্সকেই নির্দেশ করে । কিন্তু সিরিজ ফিল্ডে ডাইভারটার ব্যবহার করা হইলে $R_{f,s}$ ডাইভারটার ও ফিল্ড-কয়েল উভয়ের সমতুল (equivalent) রেজিস্ট্যান্স হইবে ।

উপরে যে দুইটি অপচয়ের কথা বলা হইল, সেই আর্মচার আর ফীল্ডের অপচয়ের সমষ্টিকে “তামার অংশের অপচয়” (copper losses) নামে অভিহিত করা হয়।

(২) লোহার অংশের অপচয় :

ডি. সি. মেশিন তৈরী করিতে তামার কয়েল ছাড়া আর যে অন্য পরিবাহী-স্বাত্ত ব্যবহার করা হয়, তাহা লোহা কিংবা ইস্পাত। মেশিনের মধ্যে ইস্পাতের অংশে নানা কারণে শক্তির অপচয় ঘটে। এই সকল অপচয়ের সমষ্টিকে “লোহার অংশের অপচয়” (iron losses) বা “কোর-এর অপচয়” (core losses) নামে অভিহিত করা হয়। অনেক সময় ইহাকে “চুম্বকীয় অপচয়” (magnetic losses)-ও বলা হইয়া থাকে। এই অপচয়গুলি কিভাবে ঘটে, আর কি ব্যবস্থা অবলম্বন করিলে ইহাদের কোন-কোনটির পরিমাণ কম রাখা যায়, তাহাই এখন সংক্ষেপে আলোচনা করা হইতেছে—

(/০) চুম্বকীয়-শৈথিল্য জনিত অপচয় বা হিস্টারেসিস জনিত অপচয় (Hysteresis Loss):—

ডি. সি. মেশিনে যতক্ষণ চালু থাকে, ততক্ষণ আর্মচারের কোর চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে ঘোরে। ফলে আর্মচারের এক পোলার সম্মুখে হইতে পাশের অন্য পোলার সম্মুখে ক্রমাগত সরিয়া যাইতে থাকে, আর সেইজন্য কোরের চুম্বকত্বও দিক-পরিবর্তন করিতে বা কম-বেশী হইতে আরম্ভ করে, আর্মচার যখন কোন একটি পোলার সম্মুখে থাকে, তখন কোরে যে চুম্বকত্ব উৎপন্ন হয়, পাশের পোলার সম্মুখে উপস্থিত হইবামাত্র সেই চুম্বকত্ব ধ্বংস হইয়া কোরে আবার আগের বিপরীতদিকে চুম্বকত্ব উৎপন্ন হয়। এইভাবে প্রতি পাক ঘুরিতে মেশিনে ষাণ্ডালি পোল থাকে, ততবার কোরের চুম্বকত্ব ধ্বংস হয়; আর একবার চুম্বকত্ব ধ্বংস হইলে কোর আগের ঠিক বিপরীতদিকে পুনরায় নতুন চুম্বকত্ব লাভ করে। বারবার ঘন ঘন চুম্বকত্ব নষ্ট হওয়া আর বদল হওয়ার ফলে কোরে তখন শক্তির অপচয় ঘটিতে থাকে। এই অপচয়ের নাম শৈথিল্য জনিত অপচয় বা হিস্টারেসিস জনিত অপচয়। মেশিনের গতিবেগ আর চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রাথমিকতা যত বাড়ে, শৈথিল্য জনিত অপচয় তত বৃদ্ধি পায়, আর উহার যত কমে, এই অপচয় তত কম হইতে থাকে।

(১০) আবর্ত-প্রবাহ জনিত অপচয় বা এড্‌জ-কারেন্ট জনিত অপচয় (Eddy-current Loss):—

যেহেতু আর্মচারের পরিবাহী আর আর্মচার-কোর একত্রে একই চুম্বক-ক্ষেত্রের মধ্যে ঘোরে, অতএব পরিবাহীর সঙ্গে আর্মচারের কোরও চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখা ছেদন করে। ইহাতে কোর-এ এক তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, আর সেই চাপ এক আবর্ত-প্রবাহ উৎপন্ন করে। ইংরাজিতে এই প্রবাহকে “এড্‌জ-কারেন্ট” (eddy-current) বলে। কোর যদি আন্ত লোহা কিংবা ঢালাই ইস্পাতের দ্বারা তৈরী হয়, তবে আবর্ত-প্রবাহ এত বেশী বৃদ্ধি পায় যে, কোর গরম হওয়ার জন্য তখন আর্মচারে উৎপন্ন

ভড়িং-শক্তির অনকটাই নষ্ট হইয়া যায়। সেইজন্য প্রায় সকলক্ষেত্রেই আর্মেচার-কোর “ল্যামিনেট” করা থাকে। কোর ল্যামিনেট (laminated) করা থাকিলে আবর্ত-প্রবাহ জনিত অপচয় যদিও একেবারে সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত হয় না, কিন্তু ঐ অপচয়ের পরিমাণ বহুলাংশে হ্রাস পায়। আবর্ত-প্রবাহ জনিত অপচয় মেনিনের গতিবেগের বর্গফল আর চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রথরতার বর্গফলের সমানুপাতি হয়।

(১০) পোলার-মুখে অপচয় (Pole-face Loss) :—

চুম্বক বলরেখার গোছা (tuft) যখন দাঁতের মধ্য দিয়া আর্মেচারে প্রবেশ করে অথবা আর্মেচার হইতে বাহির হইয়া আসে, তখন তাহা পোলার সম্মুখ দিয়া অগ্রসর হয় এবং স্পন্দিত (pulsate) হইতে থাকে। বলরেখার এই স্পন্দন প্রত্যেক পোলার মুখে আবর্ত-প্রবাহ উৎপন্ন করে, আর একই সঙ্গে চুম্বকীয় শৈথিল্যও দেখা দেয়; ফলে প্রত্যেক পোলার মুখেই শক্তির অপচয় ঘটে। আবর্ত-প্রবাহের পরিমাণ কম রাখিবার জন্য আর্মেচার-কোরের মধ্য পোলার মুখগুলিও (অর্থাৎ পোল-শ্) ল্যামিনেট করা থাকে। মেনিনের গতিবেগ আর চুম্বক-ক্ষেত্রের প্রথরতার সঙ্গে এই অপচয়ও কম-বেশী হয়।

(৩) ঘর্ষণ ও হাওয়া কাটার জন্য অপচয় :

মেনিন চলিতে থাকাকালীন উহার বিভিন্ন অংশের মধ্যে অথবা কোন একটি অংশ আর হাওয়ার মধ্যে ঘর্ষণ জনিত শক্তির যে অপচয় ঘটে, তাহাদের সমষ্টিকে “ঘর্ষণ ও হাওয়া কাটার জন্য অপচয়” (friction & windage losses) নামে অভিহিত করা হয়। এই অপচয় মেনিনের কোন কোন অংশে কিভাবে ঘটে, তাহাই এখন বলা হইতেছে—

(১) ব্রাশ-ঘর্ষণের অপচয় (Brush-friction Loss) :—

কম্বাটেটারের উপর ব্রাশ চাপিয়া বসানো থাকে, তাই মেনিন চলিবার সময় তাহাদের ঘর্ষণে শক্তির কিছুটা অপচয় ঘটে।

(২) বেরারিংয়ের অপচয় (Bearing-friction Loss) :—

শাফট বেরারিংয়ের মধ্যে ঘোরে বলিয়া উভয়ের ঘর্ষণে বতটা শক্তির অপচয় ঘটে, তাহা বেরারিংয়ের অপচয় হিসাবে ধরা হয়।

(৩) হাওয়া কাটার জন্য অপচয় (Windage) :—

মেনিনের আর্মেচার খুব জোরে ঘুরিবার সময় হাওয়া কাটিয়া অগ্রসর হইতে থাকে, ফলে আর্মেচার ও হাওয়ার মধ্যে ঘর্ষণ জনিত অপচয় ঘটে। ইংরাজিতে ইহাকে ‘উইণ্ডেজ’ বলে।

পূর্বা লোডসহ চলিবার সময় একটি ডি. সি. মেনিনে বতটা শক্তির অপচয় ঘটে, তাহার প্রায় শতকরা ১০ হইতে ২০ ভাগ অংশ ঘর্ষণের জন্য ঘটিয়া থাকে।

উপরে যে তিন প্রকার অপচয়ের কথা এতক্ষণ বলা হইল, তাহাদের মধ্যে লোহার অংশের অপচয় আর ঘর্ষণ ও হাওয়া কাটার অপচয় লোডের যে-কোন অবস্থাতেই প্রায় সমান থাকে। মেনিন হাল্কাভাবেই চলুক কিংবা উহাতে পূর্ণা লোডই (এমন কি

পুরা লোড অপেক্ষাও বেশী লোড) দেওয়া হউক, এই দুই অপচয়ের কোন পরিবর্তন তাহাতে হয় না। মেশিন চলিবার সময় আর্মেচারে যে বাহ্যিক-শক্তি উৎপন্ন হয়, তাহার কিছুটা অংশ এই দুই অপচয়ের জন্য নষ্ট হইয়া যায়। সেইজন্য লোহার অংশের অপচয় আর ঘর্ষণ ও হাওয়া কাটার অপচয় উভয়কে একত্রে “বাহ্যিক অপচয়” (mechanical losses) বলা হইয়া থাকে। ইংরাজিতে আবার ইহাদের “স্ট্রেই পাওয়ার লস” (Stray Power Losses)-ও বলা হয়।

বাহ্যিক অপচয় ছাড়া সাণ্ট ফীল্ডের তামার অংশে যে অপচয় ঘটে, তাহাও সবদা সমান থাকে। সাণ্ট ফীল্ডের অপচয় মেশিনের প্রাথমিক চাপ আর ফীল্ডের কারেন্ট—এই দুইয়ের উপর নির্ভরশীল। সুতরাং লাইনের ভোল্টেজ আর সাণ্ট ফীল্ডের রোধ যতক্ষণ সমান থাকে, ততক্ষণ লোড কম-বেশী হইলেও এই অপচয়ের কোন পরিবর্তন ঘটে না। সেইজন্য ডি. ‘সি. মেশিনের বাহ্যিক অপচয় আর সাণ্ট ফীল্ডের অপচয় একত্রে “অপরিবর্তনীয় অপচয়” (constant losses or fixed losses) হিসাবে বিবেচিত হইয়া থাকে। কিন্তু আর্মেচার, সিরিজ ফীল্ড আর সহায়ক পোলার তামার অংশের অপচয় আর্মেচার-কারেন্টের বর্গফলের সমানুপাতী (proportional to the square of the armature current)। তাই লোড কম বা বেশী হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে যখন আর্মেচারের কারেন্ট কমিতে বা বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে, তখন আর্মেচার অথবা সিরিজ ফীল্ডের অপচয়ও কম বা বেশী হয়। সেইজন্য আর্মেচার, সিরিজ ফীল্ড আর সহায়ক পোলার তামার অংশের অপচয়কে একত্রে “পরিবর্তনীয় অপচয়” (variable losses) বলে।

৭-২। ডি. সি. মেশিনের কর্মক্ষমতা (Efficiency of D. C. Machines)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, কোন মেশিনের উৎপাদিত শক্তি আর গৃহীত শক্তির অনুপাতকে ঐ মেশিনের কর্মক্ষমতা বলে। সুতরাং ডি. সি. মেশিনের

$$\text{কর্মক্ষমতা} = \frac{\text{উৎপাদিত শক্তি}}{\text{গৃহীত শক্তি}}, \text{ অর্থাৎ } \frac{\text{আউটপুট}}{\text{ইনপুট}}।$$

তবে এই ভগ্নাংশের লব আর হর—দুইটিকে একই রকমের এককের (unit) সাহায্যে প্রকাশ করিতে হয়। বৈজ্ঞানিক মেশিনের ক্ষেত্রে সাধারণতঃ তাহাদের ‘ওয়াট’ বা ‘কিলোওয়াট’-এ প্রকাশ করা হইয়া থাকে। কিন্তু ইহাদের মধ্যে একটি বাহ্যিক-শক্তি, আর অল্পটি তড়িৎ-শক্তি। তড়িৎ-শক্তি যত সহজে আর যতটা সঠিকভাবে কেবলমাত্র একটি ভোল্টমিটার ও একটি অ্যাম্পিটার অথবা কেবলমাত্র একটি ওয়াটমিটারের সাহায্যে মাপা যায়, বাহ্যিক-শক্তির পরিমাপ তত সহজে করা চলে না। তাই ডি. সি. মেশিনের কর্মক্ষমতা হিসাব করিবার সময় মেশিনের যে-দিকে (অর্থাৎ আউটপুট কিংবা ইনপুট) তড়িৎ-শক্তি থাকে, কেবলমাত্র সেই দিকের শক্তিকেই মাপা হয়। পরে বিভিন্ন পদ্ধতির সাহায্যে যখন শক্তির মোট অপচয়

নির্ধারণ করা হয়, তখন সেই অপচয়কে প্রয়োজনমত তড়িৎ-শক্তির সহিত যোগ অথবা বিয়োগ করিলে যান্ত্রিক-শক্তির পরিমাণ জানিতে পারা যায়। ডি. সি. জেনারেটরের উৎপাদিত শক্তি বা আউটপুট তড়িৎ-শক্তি, কিন্তু উহার ইনপুট যান্ত্রিক-শক্তি। সুতরাং

$$\text{জেনারেটরের কর্মক্ষমতা} = \frac{\text{উৎপাদিত শক্তি}}{(\text{উৎপাদিত শক্তি}) + (\text{শক্তির মোট অপচয়})}$$

আবার ডি. সি. মোটরের ইনপুট তড়িৎ-শক্তি, কিন্তু আউটপুট যান্ত্রিক-শক্তি। তাই

$$\text{মোটরের কর্মক্ষমতা} = \frac{(\text{গৃহীত শক্তি}) - (\text{শক্তির মোট অপচয়})}{\text{গৃহীত শক্তি}}$$

পন্নীকার দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, মেলিনের পরিবর্তনীয় অপচয় যখন উহার অপরিবর্তনীয় অপচয়ের সমান থাকে, তখন কর্মক্ষমতা সর্বাপেক্ষা বেশী হয়।

জেনারেটরের কর্মক্ষমতার

প্রকার ভেদ

ডি. সি. জেনারেটরে ইনপুট হিসাবে যে যান্ত্রিক-শক্তি প্রয়োগ করা হয়, মেলিনের মধ্যদ্বারা তাহা তিনভাবে আত্মপ্রকাশ করে—

(১) যান্ত্রিক অপচয় অথবা স্ট্রে পাওয়ার লসেস্ রূপে,

(২) আর্মেচার এবং ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় অথবা বৈদ্যুতিক অপচয় রূপে, আর

(৩) জেনারেটরের উৎপাদিত শক্তি রূপে। এই শক্তিকেই তড়িৎ-শক্তি রূপে লোড-সারকিটে কাজে লাগানো হয়।

ইহা হইতে জেনারেটরের কর্মক্ষমতাকে তিনটি বিভাগে (Subdivisions) ভাগ করা হইয়া থাকে। যথা—

(১) ব্যবসায়িক বা সমবেত কর্মক্ষমতা (Commercial or Overall Efficiency),

(২) যান্ত্রিক কর্মক্ষমতা (Mechanical Efficiency), আর

(৩) বৈদ্যুতিক কর্মক্ষমতা (Electrical Efficiency)।

জেনারেটর লোড-সারকিটে যতটা তড়িৎ-শক্তি সরবরাহ করে, আর প্রাইম মুভার (অর্থাৎ যে ইঞ্জিনের সাহায্যে আর্মেচারকে ঘুরানো হয়) হইতে উহাতে যতটা যান্ত্রিক শক্তি দেওয়া হয়, তাহাদের অল্পপাতকে ব্যবসায়িক বা সমবেত কর্মক্ষমতা বলে। সুতরাং

$$\text{ব্যবসায়িক কর্মক্ষমতা} = \frac{\text{উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি}}{\text{গৃহীত যান্ত্রিক শক্তি}}$$

ডাইনামোকে ঘুরাইবার সময় প্রাইম মুভার মোট যতটা যান্ত্রিক শক্তি সরবরাহ করে, তাহা হইতে বর্ধনের অপচয় আর লোহার অংশের অপচয় বাদ দিলে বাকী বাহা

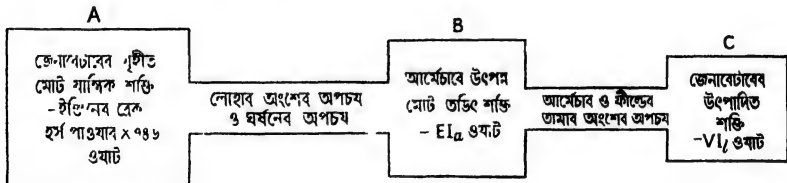
থাকে, তাহাই আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি। আর্মেচারের এই শক্তিকে জেনারেটোরের গৃহীত যান্ত্রিক শক্তি দিয়া ভাগ করিলে যান্ত্রিক কর্মক্ষমতা পাওয়া যায়। সুতরাং

$$\text{যান্ত্রিক কর্মক্ষমতা} = \frac{\text{আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি}}{\text{গৃহীত যান্ত্রিক শক্তি}}।$$

আর্মেচারে মোট যতটা তড়িৎ-শক্তি উৎপন্ন হয়, তাহার সমস্তটাই লোড-সার্কিটে সরবরাহ করা যায় না, কিছু অংশ ফীল্ড ও আর্মেচারের তামার অংশের অপচয়ের জন্য নষ্ট হইয়া যায়। বাকী যাহা থাকে, তাহাই জেনারেটোরের উৎপাদিত শক্তি। এই শক্তিকে আর্মেচারের মোট তড়িৎ-শক্তি দিয়া ভাগ করিলে মেনিনের বৈদ্যুতিক কর্মক্ষমতা পাওয়া যায়। সুতরাং

$$\text{বৈদ্যুতিক কর্মক্ষমতা} = \frac{\text{উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি}}{\text{আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি}}।$$

উপরে এতক্ষণ যাহা বলা হইল, ১৫৬নং চিত্রে নক্সার সাহায্যে তাহাই আবার সংক্ষেপে বুঝানো হইয়াছে। এই চিত্রটি ভালভাবে লক্ষ্য করিলে জেনারেটোরের কোন্ অংশে কি পরিমাণ শক্তি কাজ করে, আর কোথায় কতটা শক্তির অপচয় ঘটে, তাহা খুব সহজে বুঝিতে পারা যাইবে।



১৫৬নং চিত্র

১৫৬নং চিত্র হইতে জেনারেটোরের অপচয় আর বিভিন্ন প্রকারের কর্মক্ষমতাকে নিম্নলিখিত উপায়ে প্রকাশ করা যায়—

$$\text{লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়} = A - B$$

$$\text{আর্মেচার ও ফীল্ডের তামার অংশের অপচয়} = B - C$$

$$\text{ব্যবসায়িক বা সমবেত কর্মক্ষমতা} = \frac{C}{A}$$

$$\text{যান্ত্রিক কর্মক্ষমতা} = \frac{B}{A}$$

$$\text{বৈদ্যুতিক কর্মক্ষমতা} = \frac{C}{B}$$

সাধারণতঃ কর্মক্ষমতা শতকরা হিসাবে প্রকাশ করা হয়, আর নির্দিষ্টভাবে কিছু বলা না থাকিলে মেনিনের কর্মক্ষমতা বলিতে ব্যবসায়িক কর্মক্ষমতাকেই বুঝায়।

উদাহরণ ৭-১: ১৫৫ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতা সম্পন্ন একটি ইঞ্জিনের সাহায্যে যখন একটি সান্ট জেনারেটরকে ঘুরানো হয়, তখন ঐ জেনারেটর ৫০০ ভোল্টে ২০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট বাহিরের বর্তনীতে সরবরাহ করে। যদি আর্মেচারের রোধ ০.০৯ ওম আর সান্ট ফীল্ডের রোধ ২৫ ওম হয়, তবে জেনারেটরের (ক) বৈদ্যুতিক কর্মক্ষমতা, (খ) যান্ত্রিক কর্মক্ষমতা, আর (গ) ব্যবসায়িক কর্মক্ষমতা কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

এখানে জেনারেটরের গৃহীত

$$\text{মোট যান্ত্রিক শক্তি} = ১৫৫ \text{ অশ্ব-শক্তি}$$

$$= ১৫৫ \times ৭৪৬ = ১১৫৬৩০ \text{ ওয়াট},$$

$$V = ৫০০ \text{ ভোল্ট},$$

$$I_1 = ২০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার},$$

$$R_a = ০.০৯ \text{ ওম, আর}$$

$$R_{f,h} = ২৫ \text{ ওম।}$$

$$\text{সান্ট ফীল্ডের কারেন্ট } I_{fh} = \frac{V}{R_{f,h}} = \frac{৫০০}{২৫} = ২০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\begin{aligned} \text{আর্মেচারের কারেন্ট } I_a &= I_1 + I_{fh} = ২০০ + ২০ \\ &= ২২০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।} \end{aligned}$$

আর্মেচারে আবিস্ট তড়িৎ-চাপ

$$\begin{aligned} E &= V + I_a R_a = ৫০০ + ২২০ \times ০.০৯ \\ &= ৫১৯.৮ \text{ ভোল্ট।} \end{aligned}$$

আর্মেচারে উৎপন্ন

$$\begin{aligned} \text{মোট তড়িৎ-শক্তি} &= EI_a = ৫১৯.৮ \times ২২০ \\ &= ১১৪৩৫৬ \text{ ওয়াট।} \end{aligned}$$

জেনারেটরের উৎপাদিত

$$\begin{aligned} \text{তড়িৎ-শক্তি} &= VI_1 = ৫০০ \times ২০০ \\ &= ১০০০০০ \text{ ওয়াট।} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ক) বৈদ্যুতিক কর্মক্ষমতা} &= \frac{\text{উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি}}{\text{আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি}} \\ &= \frac{১০০০০০}{১১৪৩৫৬} \\ &= ০.৮৭৪, \text{ অর্থাৎ } ৮৭.৪\%। \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(খ) যান্ত্রিক কর্মক্ষমতা} &= \frac{\text{আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি}}{\text{গৃহীত মোট যান্ত্রিক শক্তি}} \\ &= \frac{১১৪৩৫৬}{১১৫৬৩০} \\ &= ০.৯৮৯, \text{ অর্থাৎ } ৯৮.৯\%। \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{(গ) ব্যবসায়িক কর্মক্ষমতা} &= \frac{\text{উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি}}{\text{গৃহীত মোট যান্ত্রিক শক্তি}} \\
 &= \frac{১০০০০০}{১১৫৬৩০} \\
 &= ০.৮৬৪৯, \text{ অর্থাৎ } ৮৬.৪৯ \% ।
 \end{aligned}$$

উদাহরণ ৭-২। একটি সার্কিট ডাইনামো ২০০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপে ১০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে। উহার প্রাইম মুভার ৩২ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন। যদি সার্কিট কীল্ডের রোধ ৫০ ওম এবং আর্মচারের রোধ ০.১ ওম হয়, তবে জেনারেটরের (ক) তামার অংশের মোট অপচয়, (খ) লোহার অংশের ও অর্ধেকের অপচয়, আর (গ) ব্যবসায়িক কর্মক্ষমতা কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

এখানে জেনারেটরের গৃহীত

$$\begin{aligned}
 \text{মোট যান্ত্রিক শক্তি} &= ৩২ \text{ অশ্ব-শক্তি} \\
 &= ৩২ \times ৭৪৬ = ২৩৮৭২ \text{ ওয়াট,} \\
 V &= ২০০ \text{ ভোল্ট,} \\
 I_l &= ১০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার,} \\
 R_{sh} &= ৫০ \text{ ওম, আর} \\
 R_a &= ০.১ \text{ ওম।}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{sh} &= \frac{V}{R_{sh}} = \frac{২০০}{৫০} \\
 &= ৪ \text{ অ্যাম্পিয়ার।} \\
 I_a &= I_l + I_{sh} = ১০০ + ৪ \\
 &= ১০৪ \text{ অ্যাম্পিয়ার।} \\
 E &= V + I_a R_a = ২০০ + ১০৪ \times ০.১ \\
 &= ২১০.৪ \text{ ভোল্ট।}
 \end{aligned}$$

আর্মচারে উৎপন্ন

$$\begin{aligned}
 \text{মোট তড়িৎ-শক্তি} &= E I_a = ২১০.৪ \times ১০৪ \\
 &= ২১৮৮২ \text{ ওয়াট।}
 \end{aligned}$$

জেনারেটরের উৎপাদিত

$$\begin{aligned}
 \text{তড়িৎ-শক্তি} &= V I_l = ২০০ \times ১০০ \\
 &= ২০০০০ \text{ ওয়াট।}
 \end{aligned}$$

(ক) জেনারেটরের মোট তামার অংশের অপচয়

$$\begin{aligned}
 &= \text{আর্মচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি} - \text{জেনারেটরের} \\
 &\quad \text{উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি} \\
 &= ২১৮৮২ - ২০০০০ \\
 &= \underline{১৮৮২ \text{ ওয়াট।}}
 \end{aligned}$$

(খ) লোহার অংশের ও বর্ষণের অপচয়

= জেনারেটরের গৃহীত মোট যান্ত্রিক শক্তি - আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি

$$= ২৩৮৭২ - ২১৮৮২$$

$$= ১৯৯০ \text{ ওয়াট।}$$

(গ) জেনারেটরের ব্যবসায়িক কর্মক্ষমতা

$$= \frac{\text{জেনারেটরের উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি}}{\text{জেনারেটরের গৃহীত মোট যান্ত্রিক শক্তি}}$$

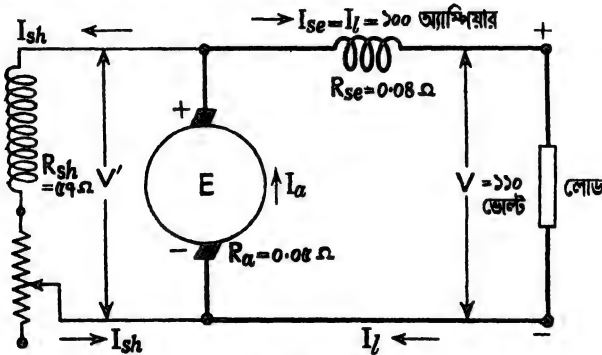
$$= \frac{২০০০০}{২৩৮৭২}$$

$$= ০.৮৩৮, \text{ অর্থাৎ } ৮৩.৮\%।$$

উদাহরণ ৭-৩। একটি সর্ট-সার্ক কম্পাউণ্ড জেনারেটর বাহিরের বর্তনীতে ১১০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপে ১০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে। আর্মেচারের রোধ ০.০৫ ওম, সার্ক ফীল্ডের রোধ ৫৭ ওম এবং সিরিজ ফীল্ডের রোধ ০.০৪ ওম। যদি লোহার অংশের অপচয় ও বর্ষণের অপচয় একত্রে ৮৫২ ওয়াট হয়, তবে

- আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ,
- আর্মেচারের তামার অংশের অপচয়,
- সিরিজ ফীল্ডের তামার অংশের অপচয়,
- সার্ক ফীল্ডের তামার অংশের অপচয়, আর
- জেনারেটরের সমবেত কর্মক্ষমতা

কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।



১৫৭(ক)নং চিত্র

এখানে $V = ১১০$ ভোল্ট,

$I_L = ১০০$ অ্যাম্পিয়ার $= I_{sc}$ (সর্ট-সার্ক বালিয়া),

$R_a = ০.০৫$ ওম,

$R_{sh} = ৫৭$ ওম,

$R_{se} = ০.০৪$ ওম, আর

লোহার অংশের ও বর্ষণের অপচয় = ৮৫২ ওয়াট।

সার্ট ফীল্ডের দুই প্রান্তের সম্ভাব্যতা তড়িৎ-চাপ $V' = V + I_L R_{Lh}$

$$= 110 + 100 \times 0.08$$

$$= 118 \text{ ভোল্ট।}$$

$$I_{sh} = \frac{V'}{R_{sh}} = \frac{118}{49}$$

$$= 2.4 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$I_a = I_L + I_{sh} = 100 + 2.4$$

$$= 102 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

(ক) আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ $E = V + I_a R_a + I_L R_{Lh}$

$$= 110 + 102 \times 0.04 + 100 \times 0.08$$

$$= 119.1 \text{ ভোল্ট।}$$

(খ) আর্মেচারের তামার অংশের অপচয় $= I_a^2 R_a = (102)^2 \times 0.04$

$$= 420.2 \text{ ওয়াট।}$$

(গ) সিরিজ ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় $= I_L^2 R_{Lh} = (100)^2 \times 0.08$

$$= 800 \text{ ওয়াট।}$$

(ঘ) সার্ট ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় $= I_{sh}^2 R_{sh} = (2.4)^2 \times 49$

$$= 228 \text{ ওয়াট।}$$

(ঙ) আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি $= EI_a = 119.1 \times 102$

$$= 12.188 \times 10^3 \text{ ওয়াট।}$$

জেনারেটরের গৃহীত মোট বাহ্যিক শক্তি = আর্মেচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি

+ লোহার অংশের ও বর্ষণের অপচয়

$$= 12.188 \times 10^3 + 852$$

$$= 13.04 \times 10^3 \text{ ওয়াট।}$$

জেনারেটরের উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি $= VI_L = 110 \times 100$

$$= 11000 \text{ ওয়াট।}$$

∴ সম্ভবত কর্মক্ষমতা = $\frac{\text{জেনারেটরের উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি}}{\text{জেনারেটরের গৃহীত মোট বাহ্যিক শক্তি}}$

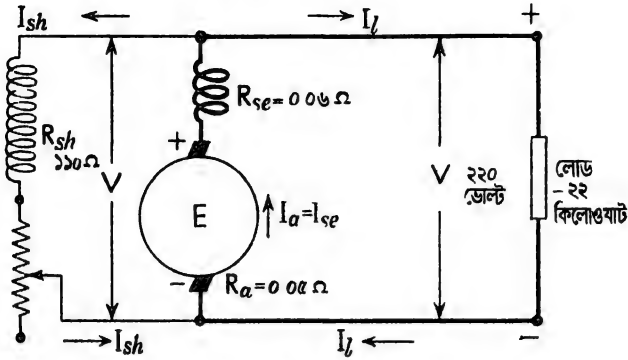
$$= \frac{11000}{13040}$$

$$= 0.846, \text{ অর্থাৎ } 84.6\%।$$

উদাহরণ ৭-৪। একটি লং-সার্কট কম্পাউন্ড জেনারেটর বাহিরের বর্তনীতে ২২০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপে ২২ কিলোওয়াট বৈদ্যুতিক-শক্তি সরবরাহ করে। আরম্ভের, সার্কট ফীল্ড ও সিরিজ ফীল্ডের রোধ যথাক্রমে ০০৫ ওহম, ১১০ ওহম এবং ০০৬ ওহম। যদি জেনারেটরের কর্মক্ষমতা শতকরা ৮৮ ভাগ হয়, তবে

(ক) তারার অংশের মোট অপচয়, আর

(খ) লোহার অংশের ও বর্ষণের অপচয় একত্রে কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।



১৭৭(খ)নং চিত্র

এখানে লোড = ২২ কিলোওয়াট = ২২০০০ ওয়াট,

$V = ২২০$ ভোল্ট,

$R_a = ০.০২$ ওহম,

$R_{se} = ০.০৬$ ওহম,

$R_{sh} = ১১০$ ওহম, আর

জেনারেটরের

কর্মক্ষমতা = ৮৮%।

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{২২০}{১১০} = ২.০ \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$\text{এবং } I_L = \frac{\text{লোড}}{V_L} = \frac{২২০০০}{২২০} = ১০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\therefore I_a = I_L + I_{sh} = ১০০ + ২.০ \\ = ১০২ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

$$\begin{aligned} \text{(ক) আরম্ভের তারার অংশের অপচয়} &= I_a^2 R_a = (১০২)^2 \times ০.০২ \\ &= ২০৮.২ \text{ ওয়াট,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{সিরিজ ফীল্ডের তারার অংশের অপচয়} &= I_a^2 R_{se} = (১০২)^2 \times ০.০৬ \\ &= ৬২৪.২৪ \text{ ওয়াট,} \end{aligned}$$

$$\text{এবং সার্ট ফীল্ডের তামার অংশের অপচয়} = I_{sh}^2 R_{sh} = VI_{sh} = 220 \times 2 \\ = 880 \text{ ওয়াট।}$$

$$\therefore \text{তামার অংশের মোট অপচয়} = 420 \times 2 + 628 \times 28 + 880 \\ = 1768 \times 88 \text{ ওয়াট।}$$

$$\text{(খ) আর্মচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ } E = V + I_a R_a + I_a R_{sa} \\ = 220 + 102 \times 0.05 + 102 \times 0.06 \\ = 231.22 \text{ ভোল্ট,}$$

$$\therefore \text{আর্মচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি} = EI_a = 231.22 \times 102 \\ = 23578 \text{ ওয়াট।}$$

$$\text{জেনারেটরের উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি} = \text{লোড} = 22000 \text{ ওয়াট।}$$

যেহেতু নির্দিষ্টভাবে কিছু বলা হয় নাই, অতএব

$$\text{জেনারেটরের কর্মক্ষমতা} = \text{ব্যবসায়িক কর্মক্ষমতা} = 86\%।$$

\therefore জেনারেটরের গৃহীত মোট যান্ত্রিক শক্তি

$$= \frac{\text{জেনারেটরের উৎপাদিত শক্তি} \times 100}{\text{জেনারেটরের শতকরা কর্মক্ষমতা}} \\ = \frac{22000 \times 100}{86} = 25581 \text{ ওয়াট,}$$

$$\text{এবং লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়} = \text{জেনারেটরের গৃহীত মোট যান্ত্রিক শক্তি} \\ - \text{আর্মচারে উৎপন্ন মোট তড়িৎ-শক্তি}$$

$$= 25581 - 23578$$

$$= 1813 \text{ ওয়াট।}$$

৭-৩। ডি. সি. মেশিনের তামার অংশের অপচয় পরিমাপ করা
(Measurement of Copper Losses of D. C. Machines)

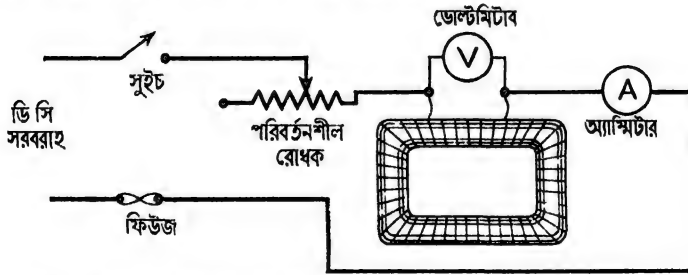
তামার অংশের অপচয় মাপিতে হইলে সেই অংশের রেজিস্ট্যান্স কত, প্রথমে তাহা জানা প্রয়োজন; পরে ঐ রেজিস্ট্যান্সের মধ্য দিয়া যত কারেন্ট যায়, তাহার বর্গফলকে রেজিস্ট্যান্স দিয়া গুণ করিলেই তামার অংশের অপচয় পাওয়া যায়। কিন্তু এই রেজিস্ট্যান্স তামার অংশের গরম অবস্থার রেজিস্ট্যান্স, অর্থাৎ কার্যক্ষেত্রে ব্যবহৃত উচ্চতম রেজিস্ট্যান্স হওয়া চাই। দুইভাবে গরম অবস্থার রেজিস্ট্যান্স মাপা যায় :

(১) তামার অংশ দিয়া ক্রমান্বয়ে ৬ ঘণ্টা হইতে ৮ ঘণ্টা কাল ধরিয়া পুরা কারেন্ট পাঠাইয়া তাহাকে তপ্ত করিয়া লওয়া, পরে গরম অবস্থাতেই তাহার রেজিস্ট্যান্সকে মাপা। এই উপায়ে তামাকে গরম করিবার সময় শীঘ্র গরম করিবার জন্য কখন কখন অভিস্রুত কারেন্ট তাহা দিয়া পাঠানো হইয়া থাকে। কিন্তু ইহাতে সতর্কতা অবলম্বন না করিলে তামার কিংবা ইনসুলেশনের ক্ষতি হওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

(২) ঠাণ্ডা অবস্থাতেই তামার অংশের রেজিস্ট্যান্সকে মাপিয়া লইয়া পরে গরম হইলে ঐ রেজিস্ট্যান্স কত হইবে, তাহা অঙ্ক কষিয়া বাহির করা।

সাধারণভাবে রেজিস্ট্যান্স মাপিবার যে প্রথা প্রচলিত আছে তাহা এই যে, তামার অংশ দিয়া উপযুক্ত পরিমাণে কারেন্ট পাঠাইয়া তাহা একটি অ্যাম্পিটারের সাহায্যে পরিমাপ করা; সঙ্গে সঙ্গে কারেন্ট প্রবাহিত হওয়ার ফলে ঐ তামার অংশের দুই প্রান্তের মধ্যে যতটা চাপের ঘাটতি হয়, তাহা একটি উপযুক্ত ভোল্টমিটারের সাহায্যে যথাসম্ভব ভাল কবিয়া মাপা। এখন, ভোল্টমিটারের নির্দেশকে (reading) অ্যাম্পিটারের নির্দেশ দিয়া ভাগ করিলেই ভাগফল তামার অংশের রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ নির্দেশ করিবে।

উদাহরণস্বরূপ মনে কর, কোন মেসিনের ফীল্ড-কয়েলের রেজিস্ট্যান্স মাপিতে হইবে। এই কাজে উপযুক্ত পাল্লায় (range) একটি অ্যাম্পিটার, একটি ভোল্টমিটার এবং একটি পরিবর্তনশীল রোধক (rheostat) প্রয়োজন হয়। অ্যাম্পিটার কয়েলের সহিত সিরিজে লাগানো থাকে, আর বর্তনী দিয়া যত অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তাহা অ্যাম্পিটারের সাহায্যে মাপা হয়। ভোল্টমিটার কয়েলের দুই প্রান্তের মধ্যে যুক্ত থাকে। তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার সময় কয়েলে যতটা তড়িৎ-চাপের ঘাটতি হয়, ভোল্টমিটার তাহা নির্দেশ করে। আর পরিবর্তনশীল রোধকের রেজিস্ট্যান্স কম-বেশী করিয়া বর্তনীর তড়িৎ-প্রবাহকে নিয়ন্ত্রণ করা চলে। এই সকল যন্ত্রপাতি বর্তনীতে কিভাবে সংযুক্ত থাকে, তাহা ১৫৮নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।



ফীল্ড-কয়েলের রেজিস্ট্যান্স মাপিবার জন্য অ্যাম্পিটার ও ভোল্টমিটারের সংযোগ
১৫৮নং চিত্র

যে রেজিস্ট্যান্সকে মাপিতে হইবে, তাহাব পরিমাণ বেশী হইবে না কম হইবে সেই সম্বন্ধে একটা আন্দাজ প্রথমেই করিয়া লইতে হয়, নইলে যন্ত্রপাতির পাল্লা ঠিক করা যায় না। মেসিনের আরম্ভচারের রেজিস্ট্যান্স সাধারণতঃ কম, আর সার্ট ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স বেশী হইয়া থাকে। মেসিন যত বড় হয়, আরম্ভচারের রেজিস্ট্যান্সও ততই কমে। সিরিজ ফীল্ড আর সহায়ক পোলের রেজিস্ট্যান্সও কম হয়, কারণ আরম্ভচার, সিরিজ ফীল্ড আর সহায়ক পোলের কয়েল দিয়া আরম্ভচার-কারেন্ট যায়। তাই ইহাঙ্গের রেজিস্ট্যান্স বেশী হইলে মেসিনে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি বৃদ্ধি পায়। যে-কোন মেসিনের পক্ষেই ইহা বাঞ্ছনীয় নহে। অতঃপর আবার সার্ট ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স বেশী

না হইলে ঐ কয়েলের দুই প্রান্ত লাইনের মধ্যে স্ট-সার্কিট করিয়া দেয়। তখন মেশিন চলিবার সময় ফীল্ড-কয়েল পুড়িয়া বাইবার সম্ভাবনা থাকে।

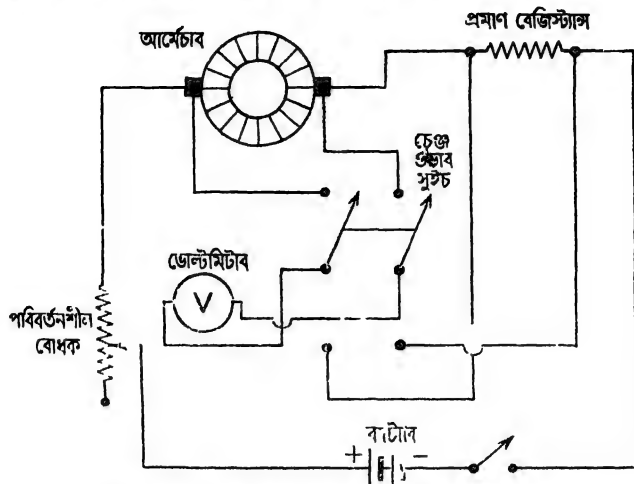
বর্তনীতে সব কয়টি যন্ত্রপাতি সংযুক্ত করা হইয়া গেলে পরিবর্তনশীল রোধকে যথাসম্ভব বেশী রাখিয়া তবে সরবরাহ লাইনের স্লিচ বন্ধ করিতে হয়। সম্ভব হইলে যে স্লিচে ফিউজ-তার লাগানো থাকে, সেইরূপ একটি স্লিচ ব্যবহার করা উচিত। ইহাতে কোন কিছু পুড়িয়া বাইবার আশঙ্কা থাকে না। স্লিচ বন্ধ করিবারাজ্ঞ অ্যান্ডিটারে কিছু কারেন্ট আর ভোল্টমিটারে কিছু চাপের ঘাটতি দেখায়। ভোল্টমিটারের নির্দেশকে তখন অ্যান্ডিটারের নির্দেশ দ্বারা ভাগ করিলেই কয়েলের রেজিস্ট্যান্স পাওয়া যায়।

কয়েলের রেজিস্ট্যান্স সঠিকভাবে মাপিতে হইলে অ্যান্ডিটারে আর ভোল্টমিটারে একাধিক নির্দেশ পাওয়া দরকার। সেইজন্য প্রথমবার কয়েলের রেজিস্ট্যান্স মাপা হইয়া গেলে পরে একটু একটু কবিয়া পরিবর্তনশীল রোধকের রেজিস্ট্যান্সকে কমাইয়া দিতে হয়। ইহাতে কয়েল দিয়া পূর্ণাপেক্ষা বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হইতে আরম্ভ করে, আব একই সঙ্গে কয়েলের মধ্যে তড়িৎ-চাপের ঘাটতির পরিমাণও বৃদ্ধি পায়। যখনই পরিবর্তনশীল রোধ কিছু কম করা হয়, তখনই ভোল্ট-মিটার আর অ্যান্ডিটারের নির্দেশ পড়িয়া লইতে হয়, পরে প্রথমটিকে দ্বিতীয়টির দ্বারা ভাগ করিলেই ভাগফল কয়েলের রেজিস্ট্যান্স নির্দেশ করে। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, প্রত্যেক বারের ভাগফলই অল্পাংশ বারের তুলনায় কিছুটা আলাদা হয়। যখন সবগুলি ভাগফল নির্ণয় করা শেষ হয়, তখন তাহাদের একত্রে যোগ করিয়া ঐ যোগফলকে মিটারে যতবার নির্দেশ পড়া হইয়াছে তাহার সংখ্যা দিয়া ভাগ করিলে রেজিস্ট্যান্সের “গড়-মূল্য” (average value) পাওয়া যায়। এই গড়-মূল্য কয়েলের প্রকৃত রেজিস্ট্যান্সের খুব কাছাকাছি হয় বলিয়া নিতুলভাবে তাহার অংশের অপচয় হিসাব করিতে গড়-মূল্যকেই সর্বত্র ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

আর্মচার প্রভৃতির রেজিস্ট্যান্স অতিশয় নগণ্য বলিয়া উপরে যে পদ্ধতির কথা বলা হইল, তাহার সাহায্যে এই রেজিস্ট্যান্স খুব বেশী নিতুলভাবে মাপা যায় না। তাই আর্মচার, দিরিজ ফীল্ড, সহায়ক পোলের কয়েল প্রভৃতির রেজিস্ট্যান্স অনেক সময় ১৫২নং চিত্রে যেভাবে দেখানো হইয়াছে, সেই উপায়ে পরিমাপ করা হইয়া থাকে।

মেশিনের যে অংশের রেজিস্ট্যান্স যত হওয়া সম্ভব, তাহারই কাছ-বরাবর একটি “প্রমাণ” (standard) মাপের রেজিস্ট্যান্স, দুইটি বৈদ্যুতিক সেল (electric cell), একটি পরিবর্তনশীল রোধক আর একটি স্লিচকে ১৫২নং চিত্র অনুযায়ী সংযুক্ত করিতে হইবে। চেন্ন-ওভার স্লিচের সাহায্যে একটি ভোল্টমিটারও বর্তনীতে সংযুক্ত থাকিবে। প্রথমে পরিবর্তনশীল রোধকে সর্বাপেক্ষা বেশী রাখিয়া চেন্ন-ওভার স্লিচকে উপরের দিকে তুলিয়া দিতে হইবে। ইহাতে আর্মচারের রেজিস্ট্যান্সের অল্প দুই ভাগের মধ্যে চাপের যে ঘাটতি হয়, ভোল্টমিটার তাহাই নির্দেশ করিবে। যেন কর,

এই নির্দেশ V_1 -ভোল্টের সমান। এই নির্দেশ পড়া হইলে চেঞ্জ-ওভার সুইচকে নীচের দিকে নামাইয়া দিতে হইবে। তখন ভোল্টমিটারে যে নির্দেশ পাওয়া যাইবে, তাহা প্রমাণ মাপের রেজিস্ট্যান্সের দুই প্রান্তের মধ্যবর্তী তড়িৎ-চাপের ঘাটতির



তড়িৎ-চাপের ঘাটতির সাহায্যে খুব সল্প রেজিস্ট্যান্স মাপা

১৫২ নং চিত্র

সমান থাকিবে। মনে কব, এই ঘাটতি V_2 -ভোল্টের সমান। যেহেতু আর্মেচার আব প্রমাণ মাপের রেজিস্ট্যান্স পবস্পরের সহিত সিরিজে থাকে, অতএব একই সময়ে তাহাদের মধ্য দিয়া একই কারেন্ট প্রবাহিত হইবে। তাই প্রত্যেকটিতে যে পরিমাণ চাপের ঘাটতি হইবে, তাহা তাহাদের রেজিস্ট্যান্সের সমানুপাতী থাকিবে। যদি আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স R_a ওম আব প্রমাণ মাপের রেজিস্ট্যান্স R ওম হয়, তবে বর্তনী দিয়া I অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হওয়াব সময়

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{IR_a}{IR} = \frac{R_a}{R}$$

হইবে। সুতরাং

$$R_a = \frac{V_1 \times R}{V_2} \text{ ওম}$$

হইবে। যেহেতু R -এব পরিমাণ জানা আছে, অতএব এখন আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স অঙ্ক কবিয়া বাহির করা যাইবে।

এইভাবে পরিবর্তনশীল রোধকে কম-বেশী কবিয়া আর্মেচারের রেজিস্ট্যান্স একাধিকবার মাপা হয়। সাধারণতঃ প্রত্যেক বারের পরীক্ষার ফল অন্তান্ত বারের তুলনায় সামান্য কিছুটা কম-বেশী হইয়া থাকে। পবে সবগুলি পরীক্ষার ফল একত্র করিয়া গড়-মূল্য নির্ণয় করিলে তাহাই আর্মেচারের প্রকৃত রেজিস্ট্যান্স হয়।

উত্তাপ সংশোধন (Temperature Correction)

বৈদ্যুতিক পরিবাহী যে ধাতু দ্বিঘাই তৈরী হউক না কেন, যতই ধাতুর উত্তাপ বাড়ে, ততই পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পাইতে থাকে। সেইজন্য উত্তাপ কত তাহা না জানিলে, কোন অংশের রেজিস্ট্যান্স কত হইবে তাহাও বলা যায় না। কেবলমাত্র ঠাণ্ডা অবস্থার রেজিস্ট্যান্স জানা কোন পরিবাহীর পক্ষে যথেষ্ট নহে।

উত্তাপের সঙ্গে সঙ্গে রেজিস্ট্যান্স কি হিসাবে বৃদ্ধি পায়, তাহা নিয়ে বলা হইল :

শূন্য ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উত্তাপে যদি কোন পরিবাহীর রোধ R_0 ওম থাকে, আর উত্তাপ যখন t ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড হয়, তখন যদি ঐ রোধ x ওম পরিমাণ বৃদ্ধি পায়, তবে x এবং R_0 —এই দুইয়ের অনুপাতকে (অর্থাৎ $\frac{x}{R_0}$) পরিবাহীর ধাতুর “উত্তাপ গুণক” (temperature co-efficient) বলে। আমার উত্তাপ গুণক সাধারণতঃ ০.০০৪২ কিংবা তাহার কাছাকাছি হয়; অর্থাৎ শূন্য ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উত্তাপে যদি এক টুকরা আমার তারের রোধ ১ ওম থাকে, তবে ১ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উত্তাপে ঐ তারের রোধ ১.০০৪২ ওম হইবে। কিন্তু যদি প্রারম্ভিক উত্তাপ (initial temperature) শূন্য ডিগ্রী না হইয়া বৈশী হয়, তবে সেই অনুসারে গুণকের রাশিরও তফাৎ হইয়া থাকে; কারণ উত্তাপ গুণক যেমন ধাতুর উপর, তেমনি উত্তাপের উপরেও নির্ভরশীল। পরীক্ষার দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, ‘ t ’ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উত্তাপে যদি কোন পরিবাহীর রোধ R_t ওম হয়, তবে

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t) \text{ ওম}$$

হইবে। এখানে ‘ α ’ (আল্ফা)—এই সঙ্কেতের সাহায্যে শূন্য ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডে উত্তাপ গুণককে নির্দেশ করা হইয়াছে।

আবার যদি T ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উত্তাপে পরিবাহীর রোধ R_T ওম হয়, আর t অপেক্ষা T বড় হয়, তবে

$$R_T = R_t \{1 + \alpha_t (T - t)\} \text{ ওম}$$

হইবে। এখানে α_t ধাতুর উত্তাপ গুণকের পরিমাণ t ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডে যত হয়, তাহাই নির্দেশ করে।

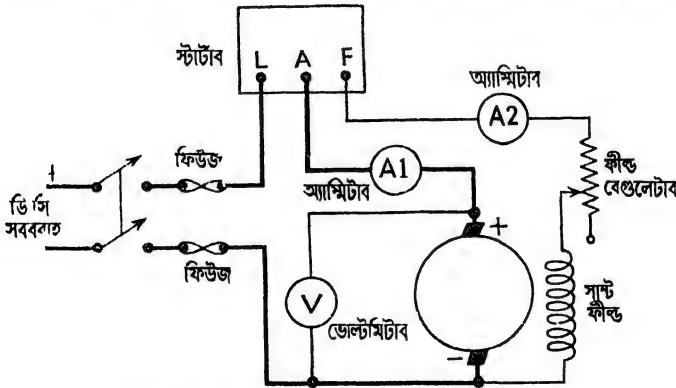
সুতরাং ডি. সি. মেনিসনের বিভিন্ন অংশের রেজিস্ট্যান্স ঠাণ্ডা অবস্থায় মাপা হইলেও ঐ সকল রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ যে-কোন উত্তাপে কত হইতে পারে, তাহা উপরের শূন্য দুইটির সাহায্যে বাহির করা যায়। মেনিস পুরা লোডসহ অনবরত চলিবার সময় উত্তাপ বৃদ্ধি পাইয়া যত ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড পর্বন্ত ওঠে, তাহা একটি থার্মোমিটারের সাহায্যে মাপা হয়। পরে সেই উত্তাপ অনুযায়ী মেনিসনের বিভিন্ন অংশের রোধ যখন অঙ্ক কষিয়া বাহির করা হয়, তখন তাহাকে রেজিস্ট্যান্সের “উত্তাপ সংশোধন” বলে। উত্তাপ সংশোধনের পরে আর্মেচার, ফীল্ড প্রভৃতির যে রেজিস্ট্যান্স পাওয়া যায়, তাহার সাহায্যেই আমার অংশের অপচয় নির্ধারণ করা হইয়া থাকে।

৭-৪। ডি. সি. মেশিনের যান্ত্রিক অপচয় বা স্ট্রে পাওয়ার লস পরিমাপ করা (Measurement of Stray Power Losses of D. C Machines)

ডি. সি. মেশিনের স্ট্রে পাওয়ার লস পরিমাপ করিবার জন্য বিভিন্ন দেশে বিভিন্ন প্রকার নিয়ম প্রচলিত আছে। আমাদের দেশে যে দুইটি পদ্ধতি অনুসরণ করিয়া এই পরীক্ষার কাজ চালানো হয়, তাহা ব্রিটিশ পদ্ধতি। ইহাদের একটিতে মেশিন লোডশূন্য অবস্থায় আব অল্পটতে পূর্ণ লোডসহ পরিচালিত হয়, আব বৈদ্যুতিক কারিগরিতে ইহা বা যথাক্রমে “সুইনবার্ণের পরীক্ষা” (Swinburne's Test) আব “হপকিন্সনের পরীক্ষা” (Hopkinson's Test) নামে পরিচিত।

(১) সুইনবার্ণ টেস্ট বা লোডশূন্য অবস্থায় মেশিনের পরীক্ষা (Swinburne Test or No-Load Test)

এই পদ্ধতির সাহায্যে পরীক্ষা করিবার সময় মেশিনে কোন লোড দেওয়ার প্রয়োজন হয় না। মেশিনকে উপযুক্ত ভোল্টেজের সরবরাহ লাইনে যোগ করিয়া প্রথমে মোটর হিসাবে হালকাভাবে চালানো হয়। ঐ সময় মেশিন সরবরাহ লাইন হইতে যে পরিমাণ তড়িৎ-শক্তি গ্রহণ করে, তাহা অ্যাম্পিটার ও ভোল্টমিটারের নির্দেশ হইতে পড়িয়া লইয়া মেশিনের গায়ে “নাম-ফলক” (name-plate)-এ যে-সকল তথ্য দেওয়া থাকে, তাহা একটি আলাদা কাগজে লিখিয়া রাখিতে হয়। পরে আর্মচার আব



সুইনবার্ণের পদ্ধতির সাহায্যে ডি. সি. স্টার্ট মোটরের পরীক্ষা

১৬০ নং চিত্র

ফিল্ডের রেজিস্ট্যান্স মাপা হইয়া গেলে লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়, তাহার অংশের অপচয় আর মেশিনের কর্মক্ষমতা অঙ্ক কষিয়া বাহির করা যায়। সাধারণতঃ স্টার্ট আর কম্পাউণ্ড মেশিনের উপবেই এই পরীক্ষা করা হইয়া থাকে।

কার্যপ্রণালী :—

১। ফিউজ-তার যুক্ত সুইচের সাহায্যে মোটর কিভাবে সরবরাহ লাইনের সহিত যুক্ত থাকে, আর মোটরের সঙ্গে স্টার্টার ও একটি ভোল্টমিটার, আর্মচারের সঙ্গে

একটি অ্যাম্পিটার এবং সান্ট ফীল্ডের সঙ্গে আর একটি অ্যাম্পিটার ক্রিভাবে সংযুক্ত করা হয়, তাহা ১৬০ নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

২। মেশিনকে উপযুক্ত ভোল্টেজের সরবরাহ লাইনে সংযুক্ত করিয়া প্রায় এক ঘণ্টা যাবৎ হালকাভাবে চালাইতে হয়। ইহাতে বেয়ারিং পরিমাণমত তেল পায়, আর লোডসহ চলিবার সময় মেশিন যে অবস্থায় থাকে, যতদূর সম্ভব সেই অবস্থায় চলিতে পারে; নইলে এই পরীক্ষা খুব নিভুলভাবে করা চলে না।

৩। হালকাভাবে চলিবার সময় মোটরের আর্মেচার যে পরিমাণ কারেন্ট গ্রহণ করে, তাহা A1-দ্বারা চিহ্নিত অ্যাম্পিটারের নির্দেশ হইতে পাওয়া যায়। মনে কর, এই কারেন্টের পরিমাণ I_{a0} অ্যাম্পিয়ার।

৪। ঘরের উত্তাপ (room temperature) কত তাহা দেখিতে হয়, আর সেই উত্তাপে আর্মেচার ও ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স মাপা হয়।

৫। মোটরের ফীল্ড দিয়া কত কারেন্ট যাইতেছে, তাহা A2-দ্বারা চিহ্নিত অ্যাম্পিটারের সাহায্যে মাপা হয়। মনে কর, এই কারেন্টের পরিমাণ I_{fh} অ্যাম্পিয়ার।

৬। সরবরাহ লাইন হইতে কত ওড়িং-চাপে মোটর বিভাণ্ড পায়, তাহা V-দ্বারা চিহ্নিত ভোল্টমিটারের নির্দেশ হইতে জানা যায়। মনে কর, এই ওড়িং-চাপের পরিমাণ V ভোল্ট।

৭। মেশিনের গায়ে যে নাম-ফলক আছে, তাহা হইতে মেশিনের উৎপাদিত অশ্ব-শক্তি কিংবা কিলোওয়াট কত, পুরা লোডে মেশিন কত কারেন্ট গ্রহণ করে, মেশিন ঠিক কত ভোল্ট ওড়িং-চাপের উপযোগী প্রভৃতি তথ্য পাওয়া যায়।

কর্মক্ষমতার হিসাব :—

মোটর হালকাভাবে চলিবার সময় সরবরাহ লাইন হইতে মোট যে পরিমাণ কারেন্ট গ্রহণ করে, তাহা যদি I_{a0} -দ্বারা চিহ্নিত করা যায়, তবে

$$I_{a0} = I_{a0} + I_{fh} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হইবে, আর ঐ সময় মোটরের

$$\text{গৃহীত মোট ওড়িং-শক্তি} = VI_{a0} \text{ ওয়াট}$$

হইবে। এই গৃহীত শক্তি হইতে আর্মেচার এবং ফীল্ডের তাহার অংশের অপচয় বাদ দিলে বাকী বাহা থাকিবে, তাহাই মোটরের লোহার অংশের ও বর্বণের অপচয়ের সমষ্টি হইবে। এই অপচয় অপরিবর্তনীয় বলিয়া লোডের সকল অবস্থাতেই তাহা সমান থাকিবে।

এখন মনে কর, গরম অবস্থায় আর্মেচারের রোধ R_a ওয়। অতএব মেশিন হালকাভাবে চলিবার সময়

$$\text{আর্মেচারের তাহার অংশের অপচয়} = I_{a0}^2 R_a \text{ ওয়াট}$$

হইবে। কিন্তু সান্ট ফীল্ডের অপচয় অপরিবর্তনীয়। তাই লোডের সকল অবস্থাতেই

$$\text{সান্ট ফীল্ডের তাহার অংশের অপচয়} = VI_{fh} \text{ ওয়াট}$$

থাকিবে। মেনিন লোভশূন্য অবস্থায় পরিচালিত হয় বলিয়া উহার উৎপাদিত শক্তি কিছু নাই। সুতরাং গৃহীত মোট তড়িৎ-শক্তি মোটরের এই অবস্থায় নানা প্রকার অপচয়ের সমষ্টির সমান হইবে। অতএব

লোহার অংশের আর ঘর্ষণের অপচয়,

অর্থাৎ মেনিনের স্ট্রে পাওয়ার লস $W_s = VI_{lo} - (I_{ao}^2 R_a + VI_{sh})$ ওয়াট।

এইবার মোটরের কর্মক্ষমতা কত, তাহা অঙ্ক কষিয়া বাহির করিতে হইবে। মনে কর নাম-কলক হইতে জানা গেল যে, পূরা লোভনহ চলিবার সময় মোটর সরবরাহ লাইন হইতে I_l অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। অতএব মেনিনে পূরা লোভ পড়িলে

আর্মেচার-কারেন্ট $I_a = I_l - I_{sh}$ অ্যাম্পিয়ার,

আর্মেচারের তাহার অংশের অপচয় $= I_a^2 R_a$ ওয়াট, আর

ফিল্ডের তাহার অংশের অপচয় $= VI_{sh}$ ওয়াট

হইবে। সুতরাং তাহার অংশের মোট অপচয় $W_c = I_a^2 R_a + VI_{sh}$ ওয়াট হইবে।

আবার, মোটরের গৃহীত শক্তি বা ইনপুট $= VI_l$ ওয়াট।

সুতরাং মোটরের কর্মক্ষমতা = গৃহীত শক্তি - (তাহার অংশের অপচয় +
লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়)

$$= VI_l - (W_c + W_s),$$

$$\text{আর \% কর্মক্ষমতা} = \frac{VI_l - (W_c + W_s)}{VI_l} \times 100 \%$$

উদাহরণ ৭-৫। একটি ২৫০ ভোল্টের সার্কিট মোটর সরবরাহ লাইন হইতে লোভশূন্য অবস্থায় ৪ অ্যাম্পিয়ার, আর পূরা লোভনহ চলিবার সময় ৬০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। আর্মেচারের রোধ ০.৩ ওম এবং সার্কিট ফিল্ডের রোধ ২৫০ ওম। যদি মোটরে পূরা লোভ দেওয়া হয়, তবে উহার কর্মক্ষমতা আর উৎপাদিত অশ্ব শক্তি (output horse power) কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $V = ২৫০$ ভোল্ট,

$I_{lo} = ৪$ অ্যাম্পিয়ার,

$I_l = ৬০$ অ্যাম্পিয়ার,

$R_a = ০.৩$ ওম, আর

$R_{sh} = ২৫০$ ওম।

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{২৫০}{২৫০} = ১.০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

মোটরের লোভশূন্য অবস্থায়:—

$$I_{ao} = I_{lo} - I_{sh} = ৪ - ১$$

$$= ৩.০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

লোহার অংশের ও

$$\begin{aligned}\text{বর্ধনের অপচয় } W_1 &= VI_o - (I_a^2 R_a + VI_h) \\ &= 250 \times 8 - (3^2 \times 0.7 + 250 \times 1) \\ &= 1000 - (2.1 + 250) \\ &= 747.9 \text{ ওয়াট।}\end{aligned}$$

মোটরে পুরা লোড দেওয়া অবস্থায় :—

$$\begin{aligned}I_a &= I_l - I_h = 60 - 1 \\ &= 59 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{আর্মচারের তাপমাত্রার অংশের অপচয়} &= I_a^2 R_a = (59)^2 \times 0.7 \\ &= 2488.7 \text{ ওয়াট,}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{এবং ফীল্ডের তাপমাত্রার অংশের অপচয়} &= VI_h = 250 \times 1 \\ &= 250 \text{ ওয়াট।}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{সুতরাং তাপমাত্রার মোট অপচয় } W_c &= 2488.7 + 250 \\ &= 2738.7 \text{ ওয়াট।}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{মোটরের গৃহীত শক্তি} &= VI_l = 250 \times 60 \\ &= 15000 \text{ ওয়াট।}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{সুতরাং মোটরের কর্মক্ষমতা} &= \frac{VI_l - (W_c + W_i)}{VI_l} \times 100 \\ &= \frac{15000 - (2738.7 + 989.7)}{15000} \times 100 \\ &= \frac{15000 - 2081.6}{15000} \times 100 \\ &= 86.8\%।\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{মোটরের উৎপাদিত অর্থ-শক্তি} &= \frac{VI_l - (W_c + W_i)}{989} \\ &= \frac{15000 - 2081.6}{989} \\ &= 14.27 \text{ অর্থ-শক্তি।}\end{aligned}$$

উদাহরণ ৭-৬। একটি ডি. সি. মাক্স মেশিন জেনারেটর হিসাবে চলিবার সময় প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক ঘোরে, এবং বাহরের বর্তনী খোলা থাকিলে ২৫০ ভোল্ট ডিউং-চাপ উৎপন্ন করে। আর্মচারের রোধ ০.৫ ওম এবং সার্ক ফীল্ডের রোধ ২৫০ ওম। যদি মোটর হিসাবে চলিবার সময় ঐ মেশিন ২৫০ ভোল্টের সরবরাহ লাইন হইতে লোডশুল্ক অবস্থায় ৪ অ্যাম্পিয়ার, আর পুরা লোডসহ চলিবার সময় ৪০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে, তবে পুরা লোডসহ চলিবার সময় উহার গতিবেগ আর কর্মক্ষমতা কত হইবে তাহা নির্ণয় কর। মোটরে বর্ধন পুরা লোড দেওয়া হয়, তখন আর্মচারের প্রতিফ্রিকার দরুন ঘূষক-ক্ষেত্রের বলরেখার সংখ্যা শতকরা ৪ ভাগ হ্রাস পায়।

মেশিন যখন জেনারেটর হিসাবে চলে :—

গতিবেগ N_g = প্রতি মিনিটে ১০০০ পাক,

$E = ২৫০$ ভোল্ট, আর

চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখা = ϕ ওয়েবার।

$E = kN_g \times \phi$ (k একটি অপরিবর্তনীয় সংখ্যা),

$$\therefore k = \frac{E}{N \times \phi} = \frac{২৫০}{১০০০\phi}$$

$$= \frac{১}{৪\phi}।$$

মেশিন যখন মোটর হিসাবে চলে :—

$R_a = ০.৫$ ওহম,

$I_{L_0} = ৪$ অ্যাম্পিয়ার,

$R_{sh} = ২৫০$ ওহম,

$V = ২৫০$ ভোল্ট,

$I_L = ৪০$ অ্যাম্পিয়ার, আব

চুম্বক-ক্ষেত্রের বলরেখা = $\phi' = \frac{২৬}{১০০}\phi = ০.২৬\phi$ ওয়েবার (বলরেখার সংখ্যা ৪% হ্রাস পায় বলিয়া)।

$$I_{sh} = \frac{V}{R_{sh}} = \frac{২৫০}{২৫০}$$

= ১.০ অ্যাম্পিয়ার,

এবং $I_a = I_L - I_{sh} = ৪০ - ১$

= ৩৯.০ অ্যাম্পিয়ার।

$$\therefore E_b = V - I_a R_a = ২৫০ - ৩৯ \times ০.৫$$

= ২৩.৫ ভোল্ট।

আবার $E_b = kN_m\phi'$ (এখানে N_m মোটরের গতিবেগ নির্দেশ করিতেছে)।

$$\therefore N_m = \frac{E_b}{k\phi'} = \frac{২৩.৫}{\frac{১}{৪\phi} \times ০.২৬\phi}$$

$$= \frac{২৩.৫ \times ৪}{০.২৬}$$

= ৩৬০ পাক,

অর্থাৎ পূরা লোডসহ চলিবার সময় মোটর প্রতি মিনিটে ৩৬০ পাক ঘুরিবে।

$$\text{আর্বেচারের তাহার অংশের অপচয়} = I_a^2 R_a = (৩৯)^2 \times ০.৫$$

$$= ৭৬০.৫ \text{ ওয়াট,}$$

এবং ফীল্ডের তাহার অংশের অপচয় $= VI_{sh} = 250 \times 1.0$
 $= 250.0$ ওয়াট,

সুতরাং মোটরের তাহার অংশের মোট অপচয়

$$W_s = 160.5 + 250.0 = 410.5 \text{ ওয়াট।}$$

আবার $I_{Lo} = 8.0$ অ্যাম্পিয়ার,

$$\therefore I_{so} = I_{Lo} - I_{sh} = 8.0 - 1.0$$

$$= 7.0 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

অতএব লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়

$$W_l = VI_{Lo} (I_{so}^2 R_s + VI_{sh})$$

$$= 250 \times 8 - (7^2 \times 0.5 + 250 \times 1)$$

$$= 985.5 \text{ ওয়াট।}$$

পুরা লোডে মোটরের গৃহীত শক্তি $= VI_L = 250 \times 8.0$

$$= 2000.0 \text{ ওয়াট,}$$

সুতরাং মোটরের কর্মক্ষমতা $= \frac{VI_L - (W_s + W_l)}{VI_L} \times 100$

$$= \frac{2000.0 - (410.5 + 985.5)}{2000.0} \times 100$$

$$= 72.44\%$$

উদাহরণ ৭-৭। একটি ২৫০ কিলোওয়াট ২৩০ ভোল্টের কম্পাউন্ড জেনারেটর ২৩০ ভোল্টে ৮০০ এম্পিয়ার দেয়। উহার সার্কিট ফিল্ডের কারেন্ট ১২ এম্পিয়ার। আর্মচারের রেজিস্ট্যান্স ০.০০৭ ওহ্ম এবং সিরিজ ফিল্ডের রেজিস্ট্যান্স ০.০০২ ওহ্ম। উহার স্ট্রেপাওয়ার লস ৫৫০০ ওয়াটস্। উক্ত জেনারেটরটি লং সার্কিটে যুক্ত আছে। এই লোডে উহার এক্সিসিয়েন্সি কত হইবে, বাহির কর। (Elec. Sup. July, 1971)

এখানে $V = 230$ ভোল্ট,

$I_L = 800$ অ্যাম্পিয়ার,

$I_{sh} = 12$ অ্যাম্পিয়ার,

$R_s = 0.007$ ওহ্ম;

$R_{fs} = 0.002$ ওহ্ম, আর

স্ট্রেপাওয়ার লস $= 5500$ ওয়াট।

$$I_a = I_L + I_{sh} = 800 + 12$$

$$= 812 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

আর্মচারের তাহার অংশের অপচয় $= I_a^2 R_s = (812)^2 \times 0.007$

$$= 8616 \text{ ওয়াট।}$$

মেশিন লং-সার্ট কম্পাউণ্ড জেনারেটর বলিয়া আর্মেচার-কারেন্টের সমস্তটাই সিরিজ ফীল্ড দিয়া প্রবাহিত হইবে। সুতরাং

$$\begin{aligned}\text{সিরিজ ফীল্ডের তারার অংশের অপচয়} &= I_a^2 R_{s, l} = (712)^2 \times 0.002 \\ &= 1012 \text{ ওয়াট},\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{এবং সার্ট ফীল্ডের তারার অংশের অপচয়} &= VI_{s, l} = 270 \times 12 \\ &= 2960 \text{ ওয়াট}।\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{অতএব জেনারেটরের তারার অংশের মোট অপচয়} \\ W_c &= 8616 + 1012 + 2960 \\ &= 12588 \text{ ওয়াট}।\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়, অর্থাৎ স্ট্রে, পাওয়ার লস} \\ W_1 &= 4400 \text{ ওয়াট}।\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{জেনারেটরের উৎপাদিত শক্তি} &= VI_L = 270 \times 700 \\ &= 189000 \text{ ওয়াট},\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{সুতরাং জেনারেটরের কর্মক্ষমতা} &= \frac{VI_L}{VI_L + (W_c + W_1)} \times 100 \\ &= \frac{189000}{189000 + (12588 + 4400)} \times 100 \\ &= 92.7\%।\end{aligned}$$

সুইনবার্গের পদ্ধতির সাহায্যে মেশিন পরীক্ষা করার সুবিধা ও অসুবিধা

সুইনবার্গের পদ্ধতির সাহায্যে ডি. সি. মেশিন পরীক্ষা করিলে বিশেষ কয়েকটি সুবিধা পাওয়া যায়। যেমন—

- (১) খুব বড় মেশিনের কর্মক্ষমতাও এই পদ্ধতির সাহায্যে নির্ণয় করা চলে।
- (২) মেশিন লোডশুল্ক অবস্থায় পরিচালিত হয় বলিয়া পরীক্ষার কাজে খুব অল্প পরিমাণ তড়িৎ-শক্তির প্রয়োজন হয়।
- (৩) পরীক্ষার কাজ খুব কম খরচে সম্পন্ন করা যায়।
- (৪) মেশিন লোডশুল্ক অবস্থায় পরিচালিত হইলেও উহার কর্মক্ষমতা লোডের যে-কোন অবস্থাতেই নির্ণয় করা চলে।

কিন্তু এই পদ্ধতির সাহায্যে মেশিন পরীক্ষা করিবার সময় কয়েকটি অসুবিধাও সম্মুখীন হইতে হয়। যেমন—

- (১) মেশিনের বিভিন্ন অংশের উত্তাপ পূরা লোডসহ চলিবার সময় ষড়টা বৃদ্ধি পায়, লোডশুল্ক অবস্থায় হালকাভাবে চলিবার সময় ততটা বৃদ্ধি পায় না। ফলে মেশিনের কর্মক্ষমতার উপর উত্তাপের বৃদ্ধি যে প্রভাব বিস্তার করে, এই পরীক্ষাতে তাহা সম্পূর্ণ অজ্ঞপ্তি থাকে।

(২) পূরা লোডসহ চলিবার সময় মেশিনের কমুটেশন সম্ভাবজনক হইবে কিনা, তাহা এই পরীক্ষা হইতে বুঝিতে পারা যায় না।

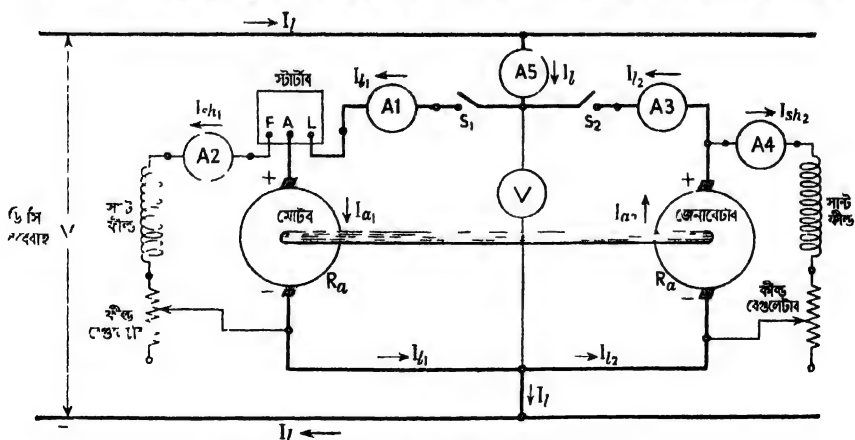
(৩) মেশিন হালকাভাবে চলে বলিয়া লোহার অংশ ও ঘর্ষণ জনিত অপচয় পূরা লোডের সমান হয় না। সেইজন্য এই পরীক্ষার ফলাফল হইতে অল্প কয়টি মেশিনের যে কর্মক্ষমতা বাহির করা হয়, তাহার সহিত প্রকৃত কর্মক্ষমতার বেশ কিছুটা পার্থক্য থাকিয়া যায়।

(৪) এই পদ্ধতির সাহায্যে সিরিজ মেশিন পরীক্ষা করা চলে না। কারণ সিরিজ মোটরের টার্মিনালে পূরা ভোল্টেজ দিয়া লোডশূন্য অবস্থায় মেশিনকে চালনা করিলে উহার গতিবেগ বৃদ্ধি পাইয়া বিপজ্জনক হইয়া ওঠে এবং অচিরেই মোটরটি সম্পূর্ণরূপে ধ্বংস হয়।

উপরি-উক্ত অসুবিধাগুলি দূর করিতে হইলে মেশিনে পূরা লোড দিয়া তবে পরীক্ষার কাজ চালানো উচিত। সেইজন্য এই পদ্ধতির পরিবর্তে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই হপ্‌কিন্সনের পদ্ধতির সাহায্যে ডি. সি. মেশিনের কর্মক্ষমতা নির্ণয় করা হইয়া থাকে।

(২) হপ্‌কিন্সনস্ টেস্ট বা রিজেনার্যাটিভ টেস্ট (Hopkinson's Test or Regenerative Test)

যখন সকল বিষয়ে ঠিক একই রকমের দুইটি মেশিন পাওয়া যায়, কেবলমাত্র তখনই হপ্‌কিন্সনের পদ্ধতির সাহায্যে কোন ডি. সি. মেশিনকে পরীক্ষা করা চলে। শুইনবার্ণের পরীক্ষার জায় এই পরীক্ষাও সাধারণত: সাণ্ট আর কম্পাউণ্ড মেশিনের



হপ্‌কিন্সনের পদ্ধতির সাহায্যে দুইটি সাণ্ট মেশিনের পরীক্ষা

১৯১৮ চিত্র

উপরেই করা হইয়া থাকে, তবে দুইটি মেশিনই পূরা লোডযুক্ত অবস্থায় পরিচালিত হয়। একটি মেশিনের আর্মচার অন্যটির সহিত “কাপ্লিং” (Coupling)-এর দ্বারা এমনভাবে সংযুক্ত থাকে বাহাতে তাহার একদ্রে আর একই গতিবেগে চলিতে পারে।

যে মেনিনে সরবরাহ লাইন হইতে কারেন্ট দেওয়া হয়, তাহা মোটর হিসাবে চলে, আর অল্প মেনিনটি জেনারেটর হিসাবে ঐ মোটরের দ্বারা পরিচালিত হয়। যেহেতু জেনারেটর নিজেই তড়িৎ-শক্তি উৎপন্ন করিয়া মোটরে পাঠায়, অতএব এই পরীক্ষার কাজ সম্পন্ন করিতে সরবরাহ লাইন হইতে খুব অল্প পরিমাণ শক্তিই গ্রহণ করা হইয়া থাকে।

পরীক্ষার সময় বর্তনীর বিভিন্ন অংশের তড়িৎ-প্রবাহ আর তড়িৎ-চাপ মাপিবার জন্য পাঁচটি অ্যাম্পিটার আর একটি ভোল্টমিটারের প্রয়োজন হয়। প্রত্যেক মেনিনের লাইনে একটি করিয়া আর ফীল্ড-সার্কিটে একটি করিয়া অ্যাম্পিটার সংযুক্ত থাকে। তাহা ছাড়া সরবরাহ লাইনে সংযুক্ত থাকে একটি অ্যাম্পিটার ও একটি ভোল্ট-মিটার। এই সকল মিটার সহ দুইটি সাল্ট মেনিনের সংযোগ ১৬১ নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

এখন মনে কর, চিত্র অস্থায়ী ডানদিকের মেনিনকে জেনারেটর আর বাঁ দিকের মেনিনকে মোটর হিসাবে ব্যবহার করিতে হইবে। এই উদ্দেশ্যে প্রথমে বাঁ দিকের সুইচটি (S_1 -দ্বারা চিহ্নিত) বন্ধ করিয়া দিয়া স্টার্টারের সাহায্যে মোটরটিকে চালু করিতে হইবে, এবং উহার সাল্ট ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্সকে কম-বেশী করিয়া মেনিন দুইটিকে তাহাদের স্বাভাবিক গতিবেগে ঘুরাইতে হইবে। পরে জেনারেটরের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ যতক্ষণ লাইন-ভোল্টেজের সমান না হয়, ততক্ষণ ঐ মেনিনের ফীল্ড-কারেন্ট প্রয়োজনমত আশ্বে আশ্বে বাড়াইতে অথবা কমাইতে হইবে। যখন সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজ আর জেনারেটরের তড়িৎ-চাপ পরস্পরের সমান থাকিবে (ইহা V -দ্বারা চিহ্নিত ভোল্টমিটারের নির্দেশ হইতে জানা যাইবে), তখন ডান দিকের সুইচটি (S_2 -দ্বারা চিহ্নিত) বন্ধ করিয়া দিলেই জেনারেটর সরবরাহ লাইনের সহিত যুক্ত হইবে। কিন্তু এই অবস্থায় জেনারেটর মোটরে তড়িৎ-শক্তি সরবরাহ করিতে পারিবে না।

জেনারেটর ঘাহাতে লাইনে কারেন্ট সরবরাহ করিতে পারে সেইজন্য এইবার মোটরের ফীল্ড কারেন্ট একটু একটু করিয়া কমাইতে হইবে, আর একই সঙ্গে জেনারেটরের ফীল্ড-কারেন্ট একটু একটু করিয়া বাড়াইতে হইবে। ইহাতে উভয় মেনিন পূর্বাশ্রয় বেষী জোরে ঘুরিতে শুরু করিবে, আর জেনারেটরের আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ লাইনের ভোল্টেজ অপেক্ষা বেশী হওয়ার জন্য জেনারেটর হইতে মোটরে কারেন্ট যাইতে আরম্ভ করিবে। যতক্ষণ জেনারেটরে পূরা লোড না পড়ে, ততক্ষণ এইভাবে মোটরের ফীল্ড-কারেন্ট কম আর জেনারেটরের ফীল্ড-কারেন্ট বেশী করিতে হইবে, আর A_3 -দ্বারা চিহ্নিত অ্যাম্পিটারে পূরা লোড-কারেন্ট নির্দেশ করিবারাত্র উভয় মেনিনের ফীল্ড-রেগুলেটরকে সেই অবস্থায় রাখিয়া দিতে হইবে। অতএব মেনিন দুইটি একই রকমের হইলেও যে মেনিন মোটর হিসাবে ব্যবহৃত হইবে, তাহার ফীল্ড দিয়া কম কারেন্ট, আর যে মেনিন জেনারেটর হিসাবে ব্যবহৃত হইবে, তাহার

ফীল্ড দিয়া বেষী কারেন্ট প্রবাহিত হইবে, অর্থাৎ ১৬১নং চিত্র অঙ্কযায়ী I_{s,h_1} অপেক্ষা I_{s,h_2} বড় হইবে।

মোটর জেনারেটোরের আর্মচারকে ঘুরায়। অতএব জেনারেটোর মোটরের নিকট হইতে পূর্ণা যান্ত্রিক শক্তি লাভ করে। পরিবর্তে জেনারেটোর আবার মোটরকে উহার পূর্ণা উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি সরবরাহ করে। সুতরাং এই পরীক্ষার সময় উভয় মেনিনই পূর্ণা লোড সহ পরিচালিত হইতে থাকে। কিন্তু মোটরের যতটা তড়িৎ-শক্তির প্রয়োজন, জেনারেটোর ঠিক ততটা শক্তি সরবরাহ করিতে পারে না, কিছু কম সরবরাহ করে। ইহার কারণ উভয় মেনিনের মধ্যেই কিছুটা করিয়া শক্তির অপচয় ঘটে, আর সেই অপচয়ের সমপরিমাণ শক্তি সরবরাহ লাইন হইতে মোটরে যায়; অর্থাৎ জেনারেটোর তড়িৎ-শক্তি সরবরাহ করিবার পরে যতটা ঘাটতি থাকে, সরবরাহ লাইন তাহা পূরণ করিয়া দেয়। তাই, যদি মোটরের লাইন-কারেন্ট I_{l_1} অ্যাম্পিয়ার আর জেনারেটোরের লাইন-কারেন্ট I_{l_2} অ্যাম্পিয়ার হয়, তবে সরবরাহ লাইনের কারেন্ট

$$I_l = I_{l_1} - I_{l_2} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হইবে। সরবরাহ লাইন হইতে পরীক্ষার কাজে যতটা শক্তি লওয়া হয়, তাহার পরিমাণ VI_l ওয়াট। এই শক্তি উভয় মেনিনের অপচয়ের সমষ্টির সমান, অর্থাৎ ইহা মোটরের তামার অংশের মোট অপচয়, জেনারেটোরের তামার অংশের মোট অপচয়, আর উভয় মেনিনের লোহার অংশের ও বর্ষণের মোট অপচয়ের সমষ্টির সমান। এখন মনে কর, প্রত্যেক মেনিনের আর্মচারেব রোধ $= R_a$ ওম। সুতরাং মোটরের আর্মচারের তামার অংশের

$$\text{অপচয়} = I_{a_1}^2 R_a \text{ ওয়াট (এখানে } I_{a_1} = I_{l_1} - I_{s,h_1}),$$

মোটরের ফীল্ডের তামার অংশের

$$\text{অপচয়} = VI_{s,h_1} \text{ ওয়াট (এখানে } V = \text{লাইন-ভোল্টেজ),}$$

জেনারেটোরের আর্মচারের তামার অংশের

$$\text{অপচয়} = I_{a_2}^2 R_a \text{ ওয়াট (এখানে } I_{a_2} = I_{l_2} + I_{s,h_2}),$$

এবং জেনারেটোরের ফীল্ডের তামার অংশের

$$\text{অপচয়} = VI_{s,h_2} \text{ ওয়াট।}$$

অতএব উভয় মেনিনের তামার

$$\text{অংশের মোট অপচয়} = I_{a_1}^2 R_a + VI_{s,h_1} + I_{a_2}^2 R_a + VI_{s,h_2} \text{ ওয়াট।}$$

সুতরাং উভয় মেনিনের লোহার

$$\text{অংশের ও বর্ষণের অপচয়} = VI_l - (I_{a_1}^2 R_a + VI_{s,h_1} + I_{a_2}^2 R_a + VI_{s,h_2}) \text{ ওয়াট।}$$

যেহেতু ছইটি মেনিন সকল দিক দিয়াই একরকমের, অতএব হপ্‌কিন্সনের পরীক্ষার কাজে তাহাদের লোহার অংশের ও বর্ষণের অপচয় সমান বলিয়া ধরা হইয়াছে।

স্থতরাং প্রত্যেকটি মেশিনের লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয় অর্থাৎ স্ট্রে পাওয়ার লস

$$W_1 = \frac{VI_1 - (I_{a1}^2 R_a + VI_{1h1} + I_{a2}^2 R_a + VI_{1h2})}{2} \text{ ওয়াট।}$$

স্ট্রে পাওয়ার লস নিগয় করিবার পরে অঙ্ক কষিয়া উভয় মেশিনের কর্মক্ষমতা আলাদা আলাদা ভাবে বাহিব করা হয়। এই হিসাব নিয়ে দেওয়া হইল :—

জেনারেটর :

$$\text{উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি} = VI_{12} \text{ ওয়াট।}$$

$$\text{মোট অপচয়ের পরিমাণ} = I_{a2}^2 R_a + VI_{1h2} + W_1 \text{ ওয়াট।}$$

$$\therefore \text{কর্মক্ষমতা} = \frac{VI_{12}}{VI_{12} + (I_{a2}^2 R_a + VI_{1h2} + W_1)} \times 100\%$$

মোটর :

$$\text{গ্রহীত তড়িৎ-শক্তি} = VI_{11} \text{ ওয়াট।}$$

$$\text{মোট অপচয়ের পরিমাণ} = I_{a1}^2 R_a + VI_{1h1} + W_1 \text{ ওয়াট।}$$

$$\therefore \text{কর্মক্ষমতা} = \frac{VI_{11} - (I_{a1}^2 R_a + VI_{1h1} + W_1)}{VI_{11}} \times 100\%$$

হপ্‌কিন্সনের পদ্ধতির সাহায্যে ডি. সি. মেশিন পরীক্ষা করিবার সময় উভয় মেশিনই পুরা লোডযুক্ত অবস্থায় পরিচালিত হয়। ইহাতে একদিকে যেমন জেনারেটর আর মোটর হিসাবে চলিবার সময় একই মেশিনের কর্মক্ষমতা কত হইবে তাহা আলাদা আলাদা ভাবে জানা যায়, অতদ্বিক্রে তেমনি এই পরীক্ষার ফল সুইনবার্ণের পরীক্ষার তুলনায় অনেক বেশী নির্ভুল হইয়া থাকে। কিন্তু ইহার প্রধান অসুবিধা এই যে, দুইটি একই রকমের মেশিন পাওয়া না গেলে কেবলমাত্র একটি মেশিনের উপর এই পদ্ধতি ব্যবহার করা চলে না।

উদাহরণ ৭-৮। দুইটি একই রকমের সাঁট মেশিন হপ্‌কিন্সনের পদ্ধতির সাহায্যে পরীক্ষা করিবার সময় নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানা গেল—

সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ = ১২০ ভোল্ট ;

মোটরের আর্মেচার-কারেন্ট = ২০ অ্যাম্পিয়ার ,

মেশিন দুইটির ফীল্ড-কারেন্ট = ০.৫ অ্যাম্পিয়ার ও ০.৩ অ্যাম্পিয়ার ;

জেনারেটরের আর্মেচার-কারেন্ট = ১৬.৫ অ্যাম্পিয়ার।

যদি প্রত্যেকটি মেশিনের আর্মেচারের রোধ ০.৫ ওম হয়, তবে জেনারেটর আর মোটরের কর্মক্ষমতা কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

যেহেতু মোটর অপেক্ষা জেনারেটরের ফীল্ড দিয়া বেশী কারেন্ট যায়, অতএব এখানে

$$I_{sh1} = 0.3 \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$I_{sh2} = 0.5 \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

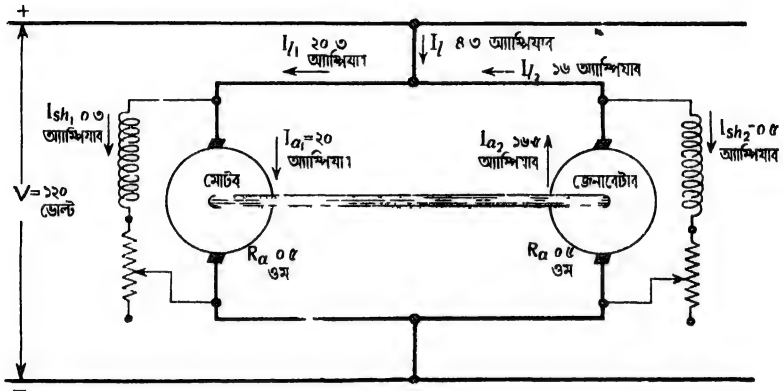
$$V = 120 \text{ ভোল্ট,}$$

$$I_{a1} = 20 \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

$$I_{a2} = 16.5 \text{ অ্যাম্পিয়ার, আর}$$

$$R_a = 0.5 \text{ ওম।}$$

বর্তমান অস্তিত্ব অংশের কারেন্ট কত তাহা অঙ্ক কষিয়া বাহির করিবার জন্য ১৬২ নং চিত্রের দ্বারা একটি নক্সা অঙ্কন কব। এই নক্সা হইতে দেখা যাইবে



১৬২ নং চিত্র

$$\begin{aligned} \text{মোটরের লাইন-কারেন্ট } I_{l1} &= I_{a1} + I_{sh1} = 20 + 0.3 \\ &= 20.3 \text{ অ্যাম্পিয়ার,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{জেনারেটরের লাইন-কারেন্ট } I_{l2} &= I_{a2} - I_{sh2} = 16.5 - 0.5 \\ &= 16.0 \text{ অ্যাম্পিয়ার,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{এবং সরবরাহ লাইনের কারেন্ট } I_l &= I_{l1} - I_{l2} = 20.3 - 16.0 \\ &= 4.3 \text{ অ্যাম্পিয়ার।} \end{aligned}$$

সরবরাহ লাইন হইতে পরীক্ষার কাজে যতটা তড়িৎ-শক্তি লওয়া হয়, তাহার পরিমাণ

$$VI_l = 120 \times 4.3 = 516 \text{ ওয়াট।}$$

$$\begin{aligned} \text{মোটরের আর্থেচারের তারার অংশের অপচয়} &= I_{a1}^2 R_a = (20)^2 \times 0.5 \\ &= 200 \text{ ওয়াট,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{মোটরের ফীল্ডের তারার অংশের অপচয়} &= VI_{f1} = 120 \times 0.7 \\ &= 84 \text{ ওয়াট,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{জেনারেটরের আর্থেচারের তারার অংশের অপচয়} &= I_{a2}^2 R_a = (16.5)^2 \times 0.5 \\ &= 136 \text{ ওয়াট,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{জেনারেটরের ফীল্ডের তারার অংশের অপচয়} &= VI_{f2} = 120 \times 0.5 \\ &= 60 \text{ ওয়াট,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং উভয় মেশিনের তারার অংশের মোট অপচয়} &= 200 + 84 + 136 + 60 \\ &= 480 \text{ ওয়াট।} \end{aligned}$$

অতএব প্রত্যেক মেশিনের ক্ষেপ্ত পাওয়ার লস

$$W_i = \frac{480}{2} = 240 \text{ ওয়াট।}$$

জেনারেটরের কর্মক্ষমতার হিসাব :

$$\text{উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি} = VI_{I2} = 120 \times 16 = 1920 \text{ ওয়াট,}$$

$$\begin{aligned} \text{মেশিনের মোট অপচয়} &= I_{a2}^2 R_a + VI_{f2} + W_i \\ &= 136 + 60 + 240 = 436 \text{ ওয়াট।} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{কর্মক্ষমতা} &= \frac{1920}{1920 + 436} \times 100 \\ &= 81.3\% \end{aligned}$$

মোটরের কর্মক্ষমতার হিসাব :—

$$\text{গৃহীত তড়িৎ-শক্তি} = VI_{I1} = 120 \times 20.7 = 2484 \text{ ওয়াট,}$$

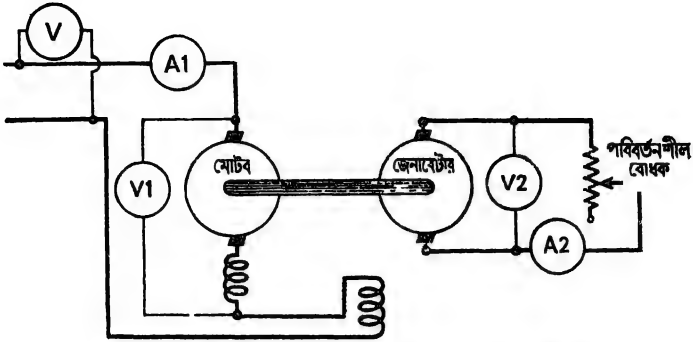
$$\begin{aligned} \text{মেশিনের মোট অপচয়} &= I_{a1}^2 R_a + VI_{f1} + W_i \\ &= 200 + 84 + 240 = 524 \text{ ওয়াট,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{কর্মক্ষমতা} &= \frac{2484 - 524}{2484} \times 100 \\ &= 78.5\% \end{aligned}$$

(৩) সিরিজ মেশিনের পরীক্ষা : ফীল্ড টেস্ট (Testing of Series Machines : Field Test)

এই পরীক্ষার কাজে দুইটি একই রকমের সিরিজ মেশিন, তিনটি ভোল্টমিটার আর দুইটি অ্যামিটার প্রয়োজন হয়। যদি তিনটি ভোল্টমিটার পাওয়া না যায়, তবে

একটি ভোল্টমিটারকেই বর্তনীর বিভিন্ন অংশে পর পর সংযুক্ত করিয়া এই সকল অংশের তড়িৎ-চাপ কত তাহা দেখিয়া লইতে হয়। মিটারগুলি আর মেশিন দুইটি যেভাবে সরবরাহ লাইনের সহিত সংযুক্ত থাকে, তাহা ১৬৩নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।



“ফীল্ড টেষ্ট” পদ্ধতির সাহায্যে দুইটি সিরিজ মেশিনকে পরীক্ষা করা
১৬৩ নং চিত্র

সাপ্ট অথবা কম্পাউণ্ড মেশিনের তুলনায় সিরিজ মেশিন পরীক্ষার কাজে বিপদ অনেক বেশী। বর্তনীর নানা অংশে কারেন্ট আর ভোল্টেজ কম-বেশী করিবার সময় যদি কোন অজানা কারণে সিরিজ মেশিন একবার জোরে ঘুরিতে আরম্ভ করে, তবে অতি শীঘ্র সেই বেগ বৃদ্ধি পাইয়া মেশিনের পক্ষে বিপজ্জনক হইয়া ওঠে। মেশিনকে সঙ্গে সঙ্গে বন্ধ করা না হইলে যে-কোন মুহূর্তে দুর্ঘটনা ঘটিতে পারে। তাই সিরিজ মেশিন পরীক্ষার কাজ সর্বদা সাবধানের সঙ্গে করা উচিত।

মেশিন দুইটির চুম্বকীয় অপচয় (magnetic losses) বাহাতে বরাবর সমান থাকে, সেই উদ্দেশ্যে তাহাদের ফীল্ড-কয়েল দুইটিকে পরস্পরের সহিত সিরিজে যোগ করা হয়। একটি মেশিনের আর্মচারের শাক্ট অন্ত্রটির শাক্টের সহিত কাপ্লিং দিয়া ঝাঁটা থাকে। যখন সরবরাহ লাইন হইতে কারেন্ট একটি মেশিনের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়, তখন ঐ মেশিন মোটর হিসাবে চলে, আর একই সঙ্গে অন্য মেশিনটিকে জেনারেটর হিসাবে ঘুরায়। জেনারেটরের লোড হিসাবে একটি পরিবর্তনশীল রোধক উহার দুই প্রান্তের মধ্যে সংযুক্ত থাকে। এই রোধক যে অবস্থায় থাকিলে মোটরে পূরা লোড পড়ে, বর্তনীতে উহাকে ঠিক সেই অবস্থায় রাখা হয়। মোটর পূরা লোড-যুক্ত অবস্থায় চলিতেছে কিনা, তাহা A1-দ্বারা চিহ্নিত অ্যান্টিটারের নির্দেশ হইতে বুঝিতে পারা যায়।

এখন মনে কর,

সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ = V ভোল্ট,

মোটরের লাইন-কারেন্ট = I_1 অ্যাম্পিয়ার,

জেনারেটরের লোড-কারেন্ট = I_2 অ্যাম্পিয়ার,

মোটরের প্রান্তিক চাপ = V_1 ভোল্ট,

জেনারেটরের প্রান্তিক চাপ = V_2 ভোল্ট,

প্রত্যেক মেশিনের আর্মচারের রোধ = R_a ওম,

আর প্রত্যেক মেশিনের সিরিজ ফিল্ডের রোধ = R_{s1} ওম।

সববরাহ লাইন হইতে পরীক্ষার কাজে যতটা তড়িৎ-শক্তি লওয়া হয়, তাহার পরিমাণ

$$= VI_1 \text{ ওয়াট।}$$

জেনারেটরের উৎপাদিত শক্তি = $V_2 I_2$ ওয়াট।

সুতরাং, উভয় মেশিনের সমবেত অপচয়ের মোট পরিমাণ

$$W_T = VI_1 - V_2 I_2 \text{ ওয়াট।}$$

মোটরের আর্মচারের তামার অংশের অপচয় = $I_1^2 R_a$ ওয়াট,

মোটরের সিরিজ ফিল্ডের তামার অংশের অপচয় = $I_1^2 R_{s1}$ ওয়াট,

জেনারেটরের আর্মচারের তামার অংশের অপচয় = $I_2^2 R_a$ ওয়াট,

জেনারেটরের সিরিজ ফিল্ডের তামার অংশের অপচয় = $I_2^2 R_{s2}$ ওয়াট।

সুতরাং মেশিন দুইটির তামার অংশের মোট অপচয়

$$W_c = I_1^2 R_a + I_1^2 R_{s1} + I_2^2 R_a \text{ ওয়াট,}$$

আর উভয় মেশিনের লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়, অর্থাৎ স্ট্রে পাওয়ার লস

$$W_l = W_T - W_c \text{ ওয়াট।}$$

যেহেতু এই পরীক্ষার কাজে দুইটি একই রকমের মেশিন ব্যবহার করা হয়, আর যেহেতু তাহারা একই গতিবেগে ঘোরে এবং তাহাদের ফিল্ড দুইটি সিরিজে সংযুক্ত থাকে, অতএব তাহাদের স্ট্রে পাওয়ার লসও সমান হইবে—এরূপ ধরিয়া লওয়া হয়।

সুতরাং প্রত্যেক মেশিনের স্ট্রে পাওয়ার লস = $\frac{W_l}{2} = \frac{W_T - W_c}{2}$ ওয়াট।

এখন, কিভাবে মেশিন দুইটির কর্মক্ষমতা হিসাব করিয়া বাহির করিতে হয়, তাহা নিম্নে দেখানো হইল :—

জেনারেটরের কর্মক্ষমতার হিসাব :

উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি = $V_2 I_2$ ওয়াট।

মেশিনের মোট অপচয় = $I_2^2 R_a + I_1^2 R_{s1} + \frac{W_l}{2}$ ওয়াট

$$\therefore \text{কর্মক্ষমতা} = \frac{V_2 I_2}{V_2 I_2 + \left(I_2^2 R_a + I_1^2 R_{s1} + \frac{W_l}{2} \right)} \times 100\%।$$

মোটরের কর্মক্ষমতার হিসাব :

$$\text{গ্রহীত তড়িৎ-শক্তি} = V_1 I_1 \text{ ওয়াট।}$$

$$\text{মেশিনের মোট অপচয়} = I_1^2 R_a + I_1^2 R_e + \frac{W_i}{2} \text{ ওয়াট।}$$

$$\therefore \text{কর্মক্ষমতা} = \frac{V_1 I_1 - (I_1^2 R_a + I_1^2 R_e + \frac{W_i}{2})}{V_1 I_1} \times 100\%$$

উদাহরণ ৭-৯। দুইটি একই রকমের সিরিজ মেশিন (আর্মেচার) পরস্পরের সহিত কাপ্‌লিং দিয়া আঁটা আছে, আর তাহাদের ফীল্ড দুইটি পরস্পরের সহিত এমনভাবে সিরিজ সংযুক্ত আছে যে, একটি মেশিন যখন সরবরাহ লাইন হইতে কারেন্ট লইয়া মোটর হিসাবে চলে, অন্য়টি তখন জেনারেটর হিসাবে ঐ মোটরের দ্বারা পরিচালিত হয়। মেশিন দুইটির উপর “ফীল্ড টেস্ট” করিবার সময় নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানা গেল—

সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ = ৪৫০ ভোল্ট,

মোটরের আর্মেচার-কারেন্ট = ৬৪ অ্যাম্পিয়ার,

মোটরের প্রান্তিক চাপ = ৪১৮ ভোল্ট,

জেনারেটরের প্রান্তিক চাপ = ৪০০ ভোল্ট,

এবং জেনারেটরের লোড-কারেন্ট = ৫২ অ্যাম্পিয়ার।

যদি প্রত্যেক মেশিনের আর্মেচারের রোধ ০.৪ ওম হয়, তবে জেনারেটর আর মোটরের কর্মক্ষমতা কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

$$\begin{aligned} \text{এখানে } V &= ৪৫০ \text{ ভোল্ট,} \\ I_1 &= ৬৪ \text{ অ্যাম্পিয়ার,} \\ V_1 &= ৪১৮ \text{ ভোল্ট,} \\ V_2 &= ৪০০ \text{ ভোল্ট,} \\ I_2 &= ৫২ \text{ অ্যাম্পিয়ার, আর} \\ R_a &= ০.৪ \text{ ওম।} \end{aligned}$$

পরীক্ষার কাজে সরবরাহ লাইন হইতে যতটা তড়িৎ-শক্তি লওয়া হয়, তাহার পরিমাণ

$$\begin{aligned} &= VI_1 = ৪৫০ \times ৬৪ \\ &= ২৮৮০০ \text{ ওয়াট।} \end{aligned}$$

জেনারেটরের ফীল্ডে তড়িৎ-চাপের ঘাটতি = $৪৫০ - ৪১৮ = ৩২$ ভোল্ট (১.৬৪নং চিত্র)।

$$\therefore I_1 R_e = ৩২ \text{ ভোল্ট,}$$

$$\text{অতএব } R_e = \frac{৩২}{I_1} = \frac{৩২}{৬৪} = ০.৫ \text{ ওম।}$$

জেনারেটর আর মোটর একই রকমের মেশিন বলিয়া উভয়ের সিরিজ ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্সই ০.৫ ওম হইবে। এখন,

মোটরের আর্থেটারের তামার অংশের অপচয় $= I_1^2 R_a = (৬৪)^2 \times ০.৪$
 $= ১৬৪০$ ওয়াট,

মোটরের ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় $= I_1^2 R_{f1} = (৬৪)^2 \times ০.৫$
 $= ২০৫০$ ওয়াট,

জেনারেটরের আর্থেটারের তামার অংশের অপচয় $= I_2^2 R_a = (৫২)^2 \times ০.৪$
 $= ১০৮০$ ওয়াট,

এবং জেনারেটরের ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় $= I_2^2 R_{f2} = (৬৪)^2 \times ০.৫$
 $= ২০৫০$ ওয়াট।

সুতরাং উভয় মেশিনের তামার অংশের মোট অপচয়

$$W_c = ১৬৪০ + ২০৫০ + ১০৮০ + ২০৫০$$

$$= ৬৮২০ \text{ ওয়াট।}$$

জেনারেটরের উৎপাদিত শক্তি $= V_2 I_2 = ৪০০ \times ৫২$
 $= ২০৮০০$ ওয়াট,

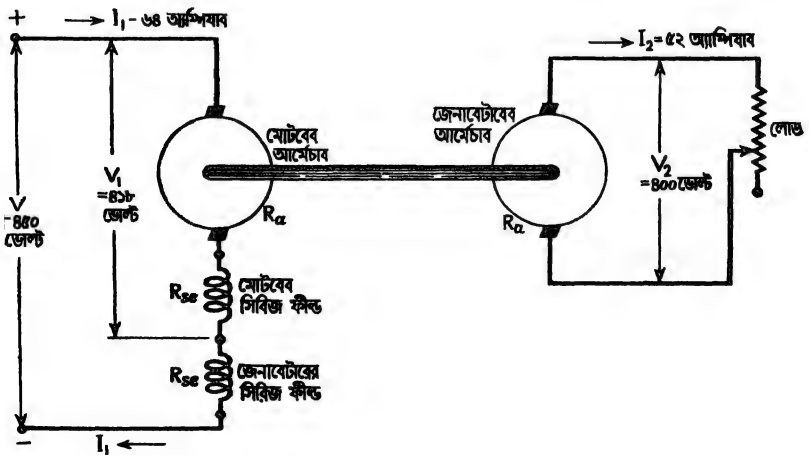
সুতরাং উভয় মেশিনের সম্মুখে অপচয়

$$W_T = VI_1 - V_2 I_2 = ২৮৮০০ - ২০৮০০$$

$$= ৮০০০ \text{ ওয়াট।}$$

অতএব প্রত্যেক মেশিনের স্ট্রে পাওয়ার লস

$$= \frac{W_T}{2} = \frac{৮০০০ - ৬৮২০}{2} = ৫২০ \text{ ওয়াট।}$$



১৬৪নং চিত্র

জেনারেটরের কর্মক্ষমতা হিসাব :

জেনারেটরের উৎপাদিত শক্তি $= V_2 I_2 = ৪০০ \times ৫২$
 $= ২০৮০০$ ওয়াট।

$$\begin{aligned}\text{জেনারেটরের মোট অপচয়} &= I_2^2 R_a + I_1^2 R_{s1} + \frac{V_T - V_c}{2} \\ &= 1080 + 2050 + 520 \\ &= 3650 \text{ ওয়াট।}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\therefore \text{জেনারেটরের কর্মক্ষমতা} &= \frac{20800}{20800 + 3650} \times 100 \\ &= 85\% \text{।}\end{aligned}$$

মোটরের কর্মক্ষমতার হিসাব :

$$\begin{aligned}\text{মোটরের গৃহীত শক্তি} &= V_1 I_1 = 8.8 \times 248 \\ &= 21920 \text{ ওয়াট।}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{মোটরের মোট অপচয়} &= I_1^2 R_a + I_1^2 R_{s1} + \frac{V_T - V_c}{2} \\ &= 1680 + 2050 + 520 \\ &= 4250 \text{ ওয়াট।}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\therefore \text{মোটরের কর্মক্ষমতা} &= \frac{21920 - 4250}{21920} \times 100 \\ &= 81\% \text{।}\end{aligned}$$

(৪) ব্রেক টেস্ট (Brake Test)

“ব্রেক টেস্ট” পদ্ধতির সাহায্যে কোন ডি. সি. মোটরকে পরীক্ষা করিবার সময় মোটরের গৃহীত শক্তি আর উৎপাদিত শক্তি সরাসরি মাপা হয়, পরে ঐ উৎপাদিত শক্তিকে গৃহীত শক্তির দ্বারা ভাগ করিলেই মেশিনের কর্মক্ষমতা কত তাহা জানা যায়। কিন্তু এই পরীক্ষার কাজে বিশেষ কয়েকটি অস্থবিধাও সম্মুখীন হইতে হয়। যেমন, মোটরের উৎপাদিত শক্তি যান্ত্রিক শক্তি বলিয়া তাহা খুব নির্ভুল উপায়ে মাপা যায় না।

দ্বিতীয়তঃ, পরীক্ষার সময় মোটরে পুরা লোড দেওয়া খুবই অস্থবিধাজনক হইয়া পড়ায়। তাই অবিকার্য ক্ষেত্রে এই পদ্ধতির সাহায্যে কেবলমাত্র ছোট ছোট মোটরকেই পরীক্ষা করা হইয়া থাকে।

সাধারণতঃ ব্রেক টেস্টের জন্য মোটরের শাফ্টের উপর ঢালাই লোহার একটা ফাঁপা পুলী (pulley) বসানো হয়। এই পুলীর দুই ধাৰে দুইটি ‘কাণা’ (flange) থাকে, আর কাণা দুইটির মাঝখানে দড়ি বা চামড়ার বেল্ট জড়ানো থাকে। দড়ির নীচের দিকে উপযুক্ত মত ভারী ওজন আর উপরের দিকে একটি “স্প্রিং স্কেল” (spring balance) সংযুক্ত করা হয়। এই সকল সংযোগ ১৬৫ নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। পরে ফাঁপা পুলীর ভিতর গুল দেওয়ার বন্দোবস্ত হইলেই পরীক্ষার কাজ শুরু করা যায়।

ওজন কম বা বেশী করিলে পুলীর উপর দড়ির চাপ কম-বেশী হইতে থাকে। যখন মোটর চলিতে আরম্ভ করে, তখন পুলীর উপরে দড়ি অনবরত ঘষড়ায়; ইহাতে পুলী গরম হইয়া ওঠে, আর গরম খুব বেশী হইলে দড়ি পুড়িয়া যাইবার সম্ভাবনা দেখা দেয়। এই কারণে পুলীকে ঠাণ্ডা রাখিবার জন্য উহাব ভিতরের ফাঁপা অংশে নল দিয়া অনবরত জল ঢালা হইতে থাকে। তাহা ছাড়া দড়ি বাহাতে জলিয়া না ওঠে সেইজন্য গ্যাংফাইটের গুঁড়া মাঝে মাঝে দড়ি আব পুলীর মাঝখানে ছড়াইয়া দেওয়া হয়।

ওজনের ভায়ে মোটরে লোড পড়ে, তখন মোটরটি আস্তে আস্তে চলিতে চেষ্টা কবে। এদিকে দড়ি বা বেটে যে টান পড়ে, তাহাব পরিমাণ স্প্রিংয়ের কাঁটার নির্দেশ হইতে জানা যায়। সেই নির্দেশ হইতে মোটরের উৎপাদিত অশ-শক্তি কত, তাহা হিসাব কষিয়া বাহির করা হয়। দড়ি এমনভাবে পুলীর উপর জড়াইতে হয় যে, মোটর চলিতে আরম্ভ কবা মাত্র যেন স্প্রিংয়ের কাঁটার উপরে টান পড়ে।

এখন মনে কর,

দড়ি হইতে যে ওজন ঝুলিতেছে, তাহার পরিমাণ = W পাউণ্ড,

স্প্রিংয়ের কাঁটায় যে টান পড়িতেছে, তাহার পরিমাণ = S পাউণ্ড,

পুলীর আর দড়ির একত্র ব্যাসার্ধ = r ফুট,

এবং মোটরের গতিবেগ = প্রতি মিনিটে N সংখ্যক পাক।

অতএব মোটরে যে ঘূর্ণক উৎপন্ন হয়, তাহার পরিমাণ

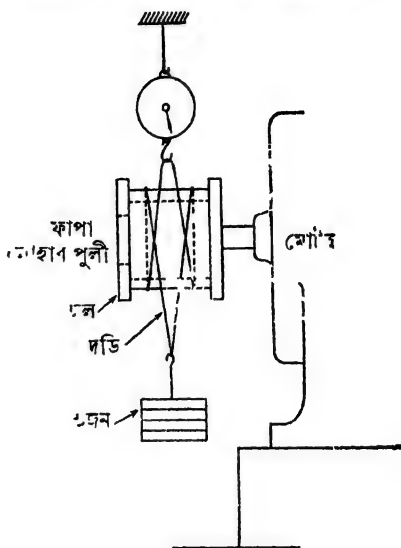
$$T = (W - S) \times r \text{ পাউণ্ড-ফুট,}$$

আর মোটরের উৎপাদিত বারিক শক্তি

$$= \frac{2\pi TN}{33000} = \frac{2\pi r N(W - S)}{33000} \text{ ব্রেক হর্স-পাওয়ার।}$$

এই শক্তিকে বৈদ্যুতিক এককে রূপান্তরিত করিলে তাহা

$$\frac{2\pi r N(W - S) \times 986}{33000} \text{ ওয়াট}$$



ডি. সি. মোটরের ব্রেক টেস্ট
১৬৫নং চিত্র

হয়। এখন, যদি মোটরের সঙ্গে একটি ভোল্টমিটার ও একটি অ্যাম্পিটার লাগানো থাকে, আর তাহাদের নির্দেশ যথাক্রমে V-ভোল্ট ও I-অ্যাম্পিয়ার হয়, তবে

মোটরের গৃহীত তড়িৎ-শক্তি = VI ওয়াট হইবে। সুতরাং

$$\begin{aligned} \text{মোটরের কর্মক্ষমতা} &= \frac{\text{উৎপাদিত শক্তি}}{\text{গৃহীত শক্তি}} \\ &= \frac{2\pi rN(W-S) \times 986}{33000 \times VI}, \end{aligned}$$

$$\text{আর মোটরের \% কর্মক্ষমতা} = \frac{2\pi rN(W-S) \times 986}{33000 \times VI} \times 100.$$

উপরে যে হিসাব দেওয়া হইল, তাহা এক্. পি. এস. একক (F. P. S. Unit) অনুসারে লিখিত। যদি এই এককের পরিবর্তে এস্. আই. একক (S. I. Unit) ব্যবহার করা হয়, তবে হিসাব নিম্নলিখিতরূপ হইবে :—

দড়ির নীচের দিকে ঝুলানো ওজন = W কিলোগ্রাম ;

স্প্রিংয়ের কাঁটার নির্দেশ = S কিলোগ্রাম ,

পুলীর আর দড়ির একত্র ব্যাসার্ধ = r মিটার ,

মোটরের গতিবেগ = প্রতি মিনিটে N সংখ্যক পাক।

অতএব মোটরের ঘূর্ণক

$$T = (W - S) \times r \times 2.71 \text{ নিউটন-মিটার,}$$

আর মোটরের উৎপাদিত শক্তি

$$= \frac{2\pi rN \times 2.71}{60} = \frac{2\pi rN(W-S) \times 2.71}{60} \text{ ওয়াট।}$$

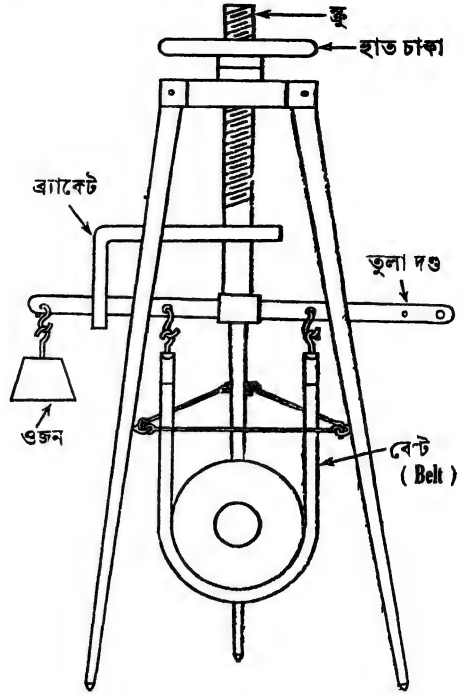
সুতরাং

$$\text{মোটরের \% কর্মক্ষমতা} = \frac{2\pi rN(W-S) \times 2.71}{60 \times VI} \times 100.$$

ছোট ছোট ডি. সি. মোটর পরীক্ষা করার উপযুক্ত আর এক রকমের ব্রেক আছে, তাহার নাম “সোম্ ব্রেক” (Soame's Brake)। ইহা প্রয়োজনমত যে-কোন জায়গায় সরাইয়া লওয়া যায় এইরূপ একটি ওজন-দাড়ির (portable steel yard) মত। একটি লোহার পাটির আকারের তুলাদণ্ডের “আলস্থের” (fulcrum) উপর এই ব্রেক বসানো থাকে, আর তুলাদণ্ডের মধ্যবিন্দু হইতে দুইদিকে সমান সমান দূরে একটি একটি ছিদ্র থাকে। মোটরের পুলীর উপর দিয়া একটি বেল্ট পরানো হয়, আর ঐ বেল্টের দুই প্রান্তে দুইটি “আঁকড়া” (S-hook) সংযুক্ত করিয়া পরে আঁকড়া দুইটিকে তুলাদণ্ডের গায়ের ছিদ্র দিয়া গলাইয়া দিতে হয়। ব্রেকের এই সকল বস্তুোবস্ত ১৬৬নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। যদি যন্ত্রের উপরের হাত-চাকা (hand wheel)

ভান দিকে ঘুবানো যায়, তবে বেন্টরু তুলাদণ্ড উপরের দিকে উঠিতে থাকে, আর দরকার মত বেন্টকে এইভাবে পুলীর উপরে টান করিয়া রাখা যাইতে পারে।

মোটর চালু করার পরে হাত-চাকা ঘুরাইয়া পুলীব উপরে দরকার মত চাপ দেওয়া মাত্র দেখা যাইবে যে, তুলাদণ্ডেব একটি দিক উপরের দিকে উঠিয়া পড়িয়াছে। তখন সেই দিকে এমন একটি ওজন ঝুলাইয়া দিতে হইবে যাহাতে তুলাদণ্ড ব্র্যাকেটেব কোথায়ও না ঠেকিয়া যেন ঠিক শয়ান অবস্থায় (horizontal) চলিয়া আসে। পবে মোটর প্রতি মিনিটে কত পাক ঘুরিতেছে, তাহা একটি ট্যাকোমিটারের সাহায্যে মাপিয়া দেখিতে হইবে।



ডি সি মোটর পরীক্ষার জন্য বোরেরকের ব্যবহার
১৯৩৯ চিত্র

পুলীব উপরে ঘষডানি লাগে বলিয়া বেন্ট অতিরিক্ত গবম হইয়া ওঠে, ফলে পোড়া গন্ধ বাহির হয়। সেইজন্য পবীক্ষা শুরু করার আগেই বেন্ট আর পুলীর মাঝখানে

গ্র্যাকাইটের গুড়া দিয়া দিতে হয়, আব পবীক্ষা চলার সময়েও মাঝে মাঝে দিতে হয়।

এখন মনে কর,

তুলাদণ্ডেব একদিক হইতে ঝুলানো ওজন = W পাউণ্ড,

তুলাদণ্ডেব আলম্ব হইতে যে দূরত্বে ওজন ঝুলানো হইয়াছে তাহার দূরত্ব
= d ফুট,

এবং মোটরের গতিবেগ = প্রতি মিনিটে N সংখ্যক পাক।

সুতরাং মোটরে উৎপন্ন ঘূর্ণকের পরিমাণ

$$T = W \times d \text{ পাউণ্ড-ফুট,}$$

আর মোটরের উৎপাদিত যান্ত্রিক শক্তি

$$= \frac{2\pi TN}{60 \dots} = \frac{2\pi N(W \times d)}{60 \dots} \text{ ব্রেক হর্স-পাওয়ার}$$

$$= \frac{2\pi N(W \times d) \times 1.36}{60 \dots} \text{ ওয়াট।}$$

এই অবস্থায় মোটর যদি সরবরাহ লাইন হইতে V-ভোল্টে I-অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে, তবে উহার

গৃহীত শক্তি = VI ওয়াট,

$$\text{আর মোটরের কর্মক্ষমতা} = \frac{2\pi N(W \times d) \times 986}{33000 \times VI} \times 100\%$$

হইবে। এখন, যদি W কিলোগ্রামে আর d মিটারে মাপা হয়, তবে

$$T = W \times d \times 2.71 \text{ নিউটন-মিটার,}$$

$$\text{আর মোটরের উৎপাদিত শক্তি} = \frac{2\pi N(W \times d) \times 2.71}{33000} \text{ ওয়াট}$$

হইবে। সুতরাং এই হিসাব অনুসারে

$$\text{মোটরের কর্মক্ষমতা} = \frac{2\pi N(W \times d) \times 2.71}{33000 \times VI} \times 100\%$$

হইবে।

উদাহরণ ৭-১০। একটি ২২০-ভোল্ট, $\frac{1}{2}$ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতা সম্পন্ন ডি. সি. মোটর পুরা লোডসহ চলিবার সময় প্রতি মিনিটে ১৪২৫ পাক ঘোরে। মোটরের উপর ব্রেক টেস্ট করিবার সময় ব্রেকের তুলানোর আলম্ব হইতে ১৪ ইঞ্চি দূরে ১২ আউন্স ওজন ঝুলাইয়া দেখা গেল ঐ মোটর সরবরাহ লাইন হইতে ১.৩ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি মিনিটে ১৪৪০ পাক ঘুরিতেছে। এই অবস্থায় মোটরের ব্রেক হর্স-পাওয়ার আর কর্মক্ষমতা কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

এখানে $V = ২২০$ ভোল্ট,

$I = ১.৩$ অ্যাম্পিয়ার,

$W = ১২$ আউন্স = $\frac{১২}{১৬}$ পাউণ্ড,

$d = ১৪$ ইঞ্চি = $\frac{১৪}{১২}$ ফুট, আর

$N =$ প্রতি মিনিটে ১৪৪০ পাক।

$$\begin{aligned} \text{মোটরের ব্রেক হর্স-পাওয়ার} &= \frac{2\pi N(W \times d)}{33000} \\ &= \frac{2 \times 3.14 \times ১৪৪০ \times \frac{১২}{১৬} \times \frac{১৪}{১২}}{33000} \\ &= ০.২৪ \text{ অশ্ব-শক্তি।} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{মোটরের কর্মক্ষমতা} &= \frac{2\pi N(W \times d) \times 986}{33000 \times VI} \times 100 \\ &= \frac{০.২৪ \times 986}{২২০ \times ১.৩} \times 100 \\ &= ৬২.৩\% \end{aligned}$$

উদাহরণ ৭-১১। একটি ডি. সি. সার্কট মোটরের উপর ব্রেক টেস্ট করিবার সময় বর্ধন দড়ির নীচে ৩৫ কিলোগ্রাম ওজন ঝুলাইয়া হয়, তখন স্প্রিংয়ের কাঁটার ৫ কিলোগ্রাম টান দেখায়। যদি মোটর ৪২০ ভোল্টের সরবরাহ লাইন হইতে ৭০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইয়া প্রতি

মিনিটে ১৩০০ পাক ঘোরে, তবে উহার ঘূর্ণক, কর্মক্ষমতা আর উৎপাদিত শক্তি কত হইবে তাহা নির্ণয় কর। মোটরের শাক্টের উপর বসানো পুলীর ব্যাস ১ মিটার।

$$\begin{aligned}\text{এখানে } W &= ৩৫ \text{ কিলোগ্রাম,} \\ S &= ৫ \text{ কিলোগ্রাম,} \\ V &= ৪২০ \text{ ভোল্ট,} \\ I &= ৭০ \text{ অ্যাম্পিয়ার,} \\ N &= \text{প্রতি মিনিটে ১৩০০ পাক, আর} \\ r &= \frac{১}{২} = ০.৫ \text{ মিটার।}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{মোটরের ঘূর্ণক } T &= (W - S) \times r \times ২৮১ \\ &= (৩৫ - ৫) \times ০.৫ \times ২৮১ \\ &= ১৪৭.১৫ \text{ নিউটন-মিটার।}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{মোটরের উৎপাদিত শক্তি} &= \frac{2\pi TN \times ২৮১}{৬০} \\ &= \frac{২ \times ৩.১৪ \times ১৫ \times ১৩০০ \times ২৮১}{৬০} \\ &= ২০০০০ \text{ ওয়াট} \\ &= ২০ \text{ কিলোওয়াট।}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{মোটরের গৃহীত শক্তি} &= VI = ৪২০ \times ৭০ \\ &= ২৯৪০০ \text{ ওয়াট।}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\therefore \text{মোটরের কর্মক্ষমতা} &= \frac{২০০০০}{২৯৪০০} \times ১০০ \\ &= ৬৮.০\%।\end{aligned}$$

প্রশ্নমালা

১। ডি. সি. মেশিনের কর্মক্ষমতা বলিতে কি বুঝায়? জেনারেটর এবং মোটরের ক্ষেত্রে কোন্ কোন্ সূত্রের সাহায্যে এই কর্মক্ষমতা নির্ণয় করা হয়?

২। কোন ডি. সি. মেশিন চলিতে থাকার সময় উহাতে যে বিভিন্ন প্রকারে শক্তির অপচয় ঘটে, তাহাদের সংক্ষেপে বর্ণনা কর। কোন অবস্থায় মেশিনের কর্মক্ষমতা সর্বোচ্চ হয়?

৩। সুইনবার্গের পদ্ধতির সাহায্যে পরীক্ষা করিয়া একটি ডি. সি. মেশিনের কর্মক্ষমতা কিভাবে নির্ণয় করা যায়, তাহা চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। এই পদ্ধতিতে পরীক্ষা করিলে কি কি সুবিধা পাওয়া যায়, আর পরীক্ষার সময় কি কি অসুবিধাই বা দেখা দেয়?

৪। একটি ডি. সি. সাঁট মোটর লোডশূন্য অবস্থায় ২০০ ভোল্টের সরবরাহ লাইন হইতে ৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। মোটরের সাঁট ফীল্ডের রোধ ১৫০ ওম এবং আর্মেচারের রোধ ০.১ ওম। লোড দেওয়ার পরে ঐ মোটর যদি একই সরবরাহ

লাইন হইতে ১২০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইতে আরম্ভ করে, তবে উহার উৎপাদিত অর্থ-শক্তি আর কর্মক্ষমতা কত হইবে তাহা নির্ণয় কর। (উ: ২৮.২ অর্থ-শক্তি; ৯০%)

৫। হপ্‌কিন্সনের পদ্ধতির সাহায্যে দুইটি ২৫০ ভোল্টের আর একই রকমের, সাণ্ট মেশিন পরীক্ষা করিবার সময় নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানা গেল—

সরবরাহ লাইনের কারেন্ট = ৫০ অ্যাম্পিয়ার ;

মোটরের আর্মচার-কারেন্ট = ৪০০ অ্যাম্পিয়ার ;

মেশিন দুইটির ফীল্ড-কারেন্ট = ৫ অ্যাম্পিয়ার ও ৬ অ্যাম্পিয়ার ।

যদি প্রত্যেক মেশিনের আর্মচারের রোধ ০.০১৫ ওহম হয়, তবে তাহাদের কর্মক্ষমতা কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

(উ: জেনারেটরের কর্মক্ষমতা = ১৩.৫% ; মোটরের কর্মক্ষমতা = ১৩.৭%)

৬। হপ্‌কিন্সনের পদ্ধতির সাহায্যে দুইটি একই রকমের সাণ্ট মেশিন পরীক্ষা করিবার সময় কিভাবে তাহাদের পরস্পরের সহিত সংযুক্ত করা হয়, তাহা একটি নক্সা অঙ্কন করিয়া দেখাও। এই পরীক্ষার কাজে কি স্রবীধা পাওয়া যায় আর কি অস্রবীধাই বা দেখা দেয় তাহা বল।

৭। একটি ডি. সি. মেশিন চলিবার সময় উহার কোন্ কোন্ অংশে আবর্ত-প্রবাহ জনিত অপচয় ঘটে? কি উপায়ে এই অপচয়ের পরিমাণ কম রাখা হয়?

৮। ডি. সি. মেশিনের লোড যখন কম-বেশী হইতে থাকে, তখন উহার কোন্ কোন্ অপচয় কিভাবে পরিবর্তিত হয় তাহা বুঝাইয়া বল।

৯। একটি সাণ্ট জেনারেটর যখন লোড-সারকিটে ২০০ কিলোওয়াট বিদ্যুৎ সরবরাহ করে, তখন উহার বৈদ্যুতিক কর্মক্ষমতা শতকরা ৯৭.৫ ভাগ আর যান্ত্রিক কর্মক্ষমতা শতকরা ৯২ ভাগ হয়। ঐ জেনারেটরের বৈদ্যুতিক অপচয় আর লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয় কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

(উ: বৈদ্যুতিক অপচয় = ৫২০০ ওয়াট, লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয় = ১৭৭৩৪.৮ ওয়াট)

১০। একটি ডি. সি. মেশিনের “অপরিবর্তনীয় অপচয়” (constant losses) বলিতে কি বুঝায়? মেশিন লোডশূন্য অবস্থায় পরিচালনা করিয়া কিভাবে এই অপচয়ের পরিমাণ নির্ধারণ করা যায়?

১১। একটি সাণ্ট জেনারেটর ২২০ ভোল্টে ৩০ অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ সরবরাহ করে। ঐ জেনারেটর “ক্যাপলিং”-এর সাহায্যে একটি ৪৪০-ভোল্ট, ডি. সি. কম্পাউণ্ড মোটরের সহিত যুক্ত আছে। যদি জেনারেটরের কর্মক্ষমতা শতকরা ৮০ ভাগ আর মোটরের কর্মক্ষমতা শতকরা ৭৫ ভাগ হয়, তবে ক্রমাগত ১০ ঘণ্টা চলিতে থাকার সময় জেনারেটর কত বি. ও. টি. ইউনিট (B. O. T. units) সরবরাহ করিবে? ঐ সময় মোটরই বা সরবরাহ লাইন হইতে কত কারেন্ট লইয়া কত অর্থ-শক্তি উৎপন্ন করিবে?

(Elec. Sup., December, 1959)

[জেনারেটরের উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি = ২২০ × ৩০ = ৬৬০০ ওয়াট,

২৫ [ডি. সি.]

সুতরাং ১০ বক্টার জেনারেটর যত বি. ও. টি. ইউনিট সরবরাহ করে তাহার পরিমাণ

$$= \frac{৬৬০০ \times ১০}{১০০০} = ৬৬ \text{ কিলোওয়াট-বক্টা।}$$

$$\text{জেনারেটরের গৃহীত শক্তি} = \frac{৬৬০০ \times ১০০}{৮০} = ৮২৫০ \text{ ওয়াট।}$$

মোটরের উৎপাদিত শক্তি = জেনারেটরের গৃহীত শক্তি = ৮২৫০ ওয়াট

$$= \frac{৮২৫০}{৭৪৬} = ১১.০৬ \text{ অশ্ব-শক্তি।}$$

$$\text{মোটরের গৃহীত শক্তি} = \frac{৮২৫০ \times ১০০}{৭৫} = ১১০০০ \text{ ওয়াট,}$$

সুতরাং মোটর সরবরাহ লাইন হইতে যত কারেন্ট গ্রহণ করে তাহার পরিমাণ

$$= \frac{১১০০০}{৪৪০} = ২৫.০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}]$$

১২। বিভিন্ন শ্রেণীর জেনারেটর পরীক্ষা করিবার জন্য বিভিন্ন প্রকারের কি কি পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়? দুইটি একই রকমের সিরিজ মেশিন পরীক্ষা করিতে হইলে তুমি কোন্ পদ্ধতি অবলম্বন করিবে তাহা নক্সা অঙ্কন করিয়া বুঝাও।

১৩। ডি. সি. জেনারেটরের কর্মক্ষমতা কয়টি বিভাগে ভাগ করা হইয়াছে তাহা বল। প্রত্যেক বিভাগ জেনারেটরের কোন্ কোন্ শক্তির মধ্যে সশব্দ নির্দেশ করে তাহা ব্যাখ্যা কর।

১৪। একটি সাণ্ট জেনারেটর ১০০ ভোল্টে ৬৬ অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ সরবরাহ করে। সাণ্ট ফীল্ডের রোধ ২৫ ওম এবং আর্মিচারের রোধ ০.০৪ ওম। যদি জেনারেটরের সমবেত কর্মক্ষমতা শতকরা ৮৮ ভাগ হয়, তবে উহার

(ক) তামার অংশের অপচয়,

(খ) লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়, এবং

(গ) প্রাইম মুভারের উৎপাদিত অশ্ব-শক্তি

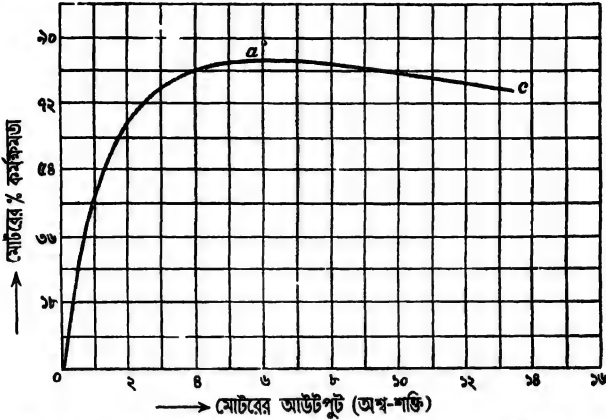
কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

[উ: (ক) ৫১৬ ওয়াট, (খ) ২৬৩ ওয়াট; (গ) ১০ অশ্ব-শক্তি।]

১৫। একটি ডি. সি. মোটরের লোড যখন শূন্য হইতে আস্তে আস্তে ক্রমাগত বৃদ্ধি পাইতে থাকে, তখন উহার কর্মক্ষমতা কিভাবে পরিবর্তিত হয় তাহা একটি লেখচিত্রে বিশিষ্টতা-রেখা অঙ্কন করিয়া বুঝাও। কোন্ অবস্থায় মেশিনের কর্মক্ষমতা সর্বাপেক্ষা বেশী হয়?

[ডি. সি. মোটরের লোড আর কর্মক্ষমতার মধ্যে যে ধরনের সশব্দ থাকে, তাহা ১৬৭নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। মোটরের পরিবর্তনীয় অপচয় যখন উহার অপরিবর্তনীয় অপচয়ের সমান হয়, কেবলমাত্র তখনই মেশিনের কর্মক্ষমতা সর্বাপেক্ষা বেশী হইতে দেখা যায়। অপরিবর্তনীয় অপচয় বলিতে মেশিনের সাণ্ট ফীল্ডের তামার অংশের অপচয় আর লোহার অংশের ও ঘর্ষণের অপচয়কে বুঝায়; আর লোডের

পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে কম-বেশী হয় বলিয়া পরিবর্তনীয় অপচয়ের মধ্যে সিরিজ ফীল্ডের ও আর্মচারের তাহার অংশের অপচয়কে ধরা হয়।



লোডের পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে ডি. সি. মোটরের কর্মক্ষমতার পরিবর্তন
১৬৭নং চিত্র

মোটরে কোন লোড না দিলে উহা হইতে কার্যকর শক্তি উৎপন্ন হয় না। তাই ঐ সময় মোটরের কর্মক্ষমতা শূন্য থাকে, আর সেই কারণেই বিশিষ্টতা-রেখা লেখচিত্রের শূন্য বিন্দু হইতে শুরু হয়। আন্তে আন্তে মোটরে যত বেশী লোড পড়ে, উহার কর্মক্ষমতা ততই বৃদ্ধি পাইতে থাকে, আর বিশিষ্টতা-রেখাও ক্রমশঃ উপরের দিকে উঠিতে আরম্ভ করে। লোড বৃদ্ধি পাইলে পরিবর্তনীয় অপচয়ও বৃদ্ধি পায়, আর যে লোডে ঐ অপচয় মেশিনের অপবিবর্তনীয় অপচয়ের সমান থাকে, সেই লোডেই কর্মক্ষমতা সর্বাপেক্ষা বেশী হয়। কর্মক্ষমতার এই অবস্থা বিশিষ্টতা-রেখার 'a'-বিন্দুতে দেখানো হইয়াছে। যদি মোটরে আরও বেশী লোড দেওয়া হয়, তখন উহার কর্মক্ষমতা আবার হ্রাস পাইতে আরম্ভ করে। বিশিষ্টতা রেখার ac-অংশ লক্ষ্য করিলেই ইহা বুঝিতে পারা যাইবে।]

১৬। ব্রেক টেস্টের সাহায্যে একটি ডি. সি. মোটর কিভাবে পরীক্ষা করা যায় তাহা বুঝাইয়া বল। এই পরীক্ষার সাহায্যে মেশিনের যে কর্মক্ষমতা নির্ণয় করা হয়, তাহা নির্ভুল হয় না কেন?

১৭। নিম্নলিখিত বিষয়সমূহের সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ :—

- (ক) স্ট্রে পাওয়ার লস।
- (খ) ডি. সি. মেশিনের বৈদ্যুতিক অপচয়।
- (গ) ডি. সি. মেশিনের যান্ত্রিক অপচয়।
- (ঘ) ডি. সি. জেনারেটরের ব্যবসায়িক কর্মক্ষমতা।
- (ঙ) সুইনবার্ণের পরীক্ষার সুবিধা ও অসুবিধা।
- (চ) ডি. সি. জেনারেটরের বৈদ্যুতিক কর্মক্ষমতা।
- (ছ) ডি. সি. জেনারেটরের যান্ত্রিক কর্মক্ষমতা।

অষ্টম পরিচ্ছেদ

ডি. সি. মেশিন স্থাপন করা (Installation of D. C. Machines)

কোন একটি ডি. সি. মেশিন স্থাপন করিবার পূর্বে কয়েকটি বিষয় ভালভাবে বিবেচনা করিয়া দেখিতে হয়। যেমন—

(১) বিভিন্ন শ্রেণীর মেশিন বিভিন্ন প্রকার কাজের পক্ষে উপযুক্ত। তাই, যে শ্রেণীর মেশিন স্থাপন করা হইবে, তাহা নির্দিষ্ট কাজের পক্ষে উপযুক্ত কিনা সেই বিষয়ে প্রথমেই বিবেচনা করা দরকার।

(২) লোড পরিচালনার জন্য যতটা শক্তির প্রয়োজন, মেশিনের ক্ষমতা (output) তাহা অপেক্ষা কিছুটা বেশী হওয়া আবশ্যক। নইলে চালু অবস্থায় খুব অল্প সময়ের জন্য হইলেও মেশিনে যখনই সামান্য কিছু বেশী লোড পড়িবে, তখনই আরম্ভের অতিবিক্ত গবেষ হইয়া উঠিবে।

(৩) তৈরী হওয়ার পবে মেশিনটি ভালভাবে পরীক্ষা করা হইয়াছে কিনা, অর্থাৎ মেশিনের বিভিন্ন অংশের কন্ট্রিনিউয়িটি, স্টারসার্কিট, গ্রাউণ্ড, ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স, উত্তাপ-বৃদ্ধি প্রভৃতি পরীক্ষা করিয়া সন্তোষজনক ফল পাওয়া গিয়াছে কিনা, সেই বিষয়ে অনুসন্ধান করা প্রয়োজন।

এই সকল বিষয় পর্যালোচনা করিয়া দেখা পবে মেশিনটি যদি উপযুক্ত বলিয়া বিবেচিত হয়, তবেই সেই মেশিন স্থাপন করার কাজে অগ্রসর হওয়া চলে। মেশিন বসাইবার সময় আবার কয়েকটি বিষয়ের উপর লক্ষ্য রাখিতে হয়। যথা—

(১) মেশিন স্থাপন করার কাজ ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুযায়ী এবং (রাজ্য সরকারের) বিদ্যুৎ বিভাগের পবিদর্শকের অনুমোদনযোগ্য হওয়া চাই। যে বিষয়ে বৈদ্যুতিক আইনে কোন স্পষ্ট নির্দেশ পাওয়া না যাইবে, সেই বিষয়ে ভারতীয় মানক সংস্থার (Indian Standard Institution) নিয়মাবলী অনুসরণ করিতে হইবে।

(২) মেশিনের যাহাতে কোন ক্ষতি না হয় সেইজন্য অভিজ্ঞ আর উপযুক্ত লোকের তত্ত্বাবধানে সমগ্র কাজটি সম্পন্ন হওয়া উচিত।

(৩) লোডসহ চালু করিবার আগে মেশিন আর সংস্থাপনের কাজ (অর্থাৎ ওয়্যারিং, আর্থিং ইত্যাদি) পুনরায় পরীক্ষা করিয়া দেখা দরকার।

৮-১। স্থাপনের পূর্বে ডি. সি. মেশিনের পরীক্ষা (Testing of D. C. Machines before installation)

কোন নতুন ডি. সি. মেশিন বসাইবার পূর্বে, অথবা মেরামতের পরে কোন পুরান মেশিন পুনরায় ব্যবহার করিবার আগে, মেশিনের ফীল্ড, আরম্ভের প্রভৃতির

(১) সংযোগের নিরবচ্ছিন্নতা,

(২) স্টারসার্কিট,

- (৩) বাহিরের আবরণের সহিত বিদ্যুৎবাহী তারের সংযোগ,
- (৪) অন্তরণের রোধ, এবং
- (৫) উত্তাপ বৃদ্ধি

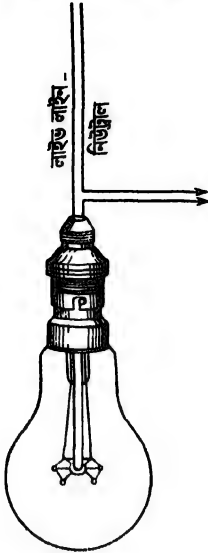
বিশেষ যন্ত্রের সহিত পরীক্ষা করিয়া দেখা দরকার। এই সকল পরীক্ষার ফল ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অল্পযায়ী, কিংবা ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশমত, সন্তোষজনক না হইলে সেই মেশিন কোন অবস্থাতেই ব্যবহার করা উচিত নহে। যদি কার্ধ্যক্ষেত্রে বিদ্যুৎ সরবরাহ পাওয়া যায়, তবে সাধারণতঃ একটি বিজলী ব্যাতি আর খানিকটা তার সংগ্রহ করিতে পারিলেই ছোট ছোট মেশিনের উপর অধিকাংশ পরীক্ষার কাজ মোটামুটি ভাবে সম্পন্ন করা চলে। বিদ্যুৎ সরবরাহের অভাবে এই কাজগুলি ড্রাই সেল আর বৈদ্যুতিক ঘণ্টার সাহায্যেও করা যায়। তবে মেশিন ভালভাবে পরীক্ষা করিয়া এই সকল পরীক্ষার ফলাফল লিখিয়া রাখিতে হইলে পরীক্ষার কাজে অ্যান্টিটার, ভোল্টমিটার, মেগার প্রভৃতি পরিমাপকারী যন্ত্র ব্যবহার করা প্রয়োজন।

(১) সংযোগের নিরবচ্ছিন্নতা পরীক্ষা বা কন্টিনিউয়িটি টেস্ট (Continuity Test)

লাইন আর মেশিনের ভিতরে যে-সকল বিদ্যুৎবাহী অংশ আছে, তাহাদের সংযোগ কোন জায়গায় খোলা কিংবা কাটা আছে কিনা তাহা দেখিবার জন্য এই পরীক্ষা করা হয়। ডি সি. মেশিনের ক্ষেত্রে সরবরাহ লাইনের সহিত আর্মচার আর ফীল্ড-কয়েলের, ফীল্ড-কয়েলের সহিত ব্রাশের, ব্রাশের সহিত কম্যুটেটারের এবং কম্যুটেটারের সহিত আর্মচার-কয়েলের সংযোগ নিরবচ্ছিন্ন থাকা একান্ত দরকার। এই সংযোগের কোন অংশে যদি সার্কিট কোথায়ও খোলা (open) বা কাটা থাকে, কিংবা যেমনভাবে সংযোগ থাকা উচিত যদি তেমনভাবে না থাকে, তবে মেশিন ঠিকমত চলিতে বা পুরা শক্তি উৎপাদন করিতে (output) পাবে না। তাই চালু করিবার আগে প্রত্যেক মেশিনের উপর এই পরীক্ষা বিশেষ যত্ন সহকারে করা উচিত। পরীক্ষার কাজ যে বাতির সাহায্যে করা হয়, সাধারণভাবে তাহাকে “টেস্ট-বাতি” (testing lamp) বলে।

সরবরাহ লাইনের বিদ্যুৎবাহী তারের (live line) সহিত সিরিজে একটি বাতি যোগ করিয়া নেই বাতি হইতে একগাছা অন্তরিত তার (insulated wire) আর নিউট্রাল লাইন হইতে আর একগাছা অন্তরিত তার লইয়া (১৬নং চিত্র) মেশিনের যে যে অংশের মধ্যে সংযোগের নিরবচ্ছিন্নতা দেখা দরকার, সেই সেই অংশের দুই প্রান্তের সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে। এই অবস্থায় বাতি যদি জলে তবে বুঝিতে হইবে সংযোগ ঠিক আছে, নইলে কোথায়ও খোলা কিংবা কাটা আছে। তবে বাতি কিভাবে জলিতেছে তাহাও লক্ষ্য করা দরকার। একটি ফীল্ড-কয়েল হইতে যে দুইটি তার বাহির হয়, তাহাদের সহিত টেস্ট-বাতি ধরিলে

কারেন্ট যখন ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হইতে আরম্ভ করে, তখন বাতিয় ভায়

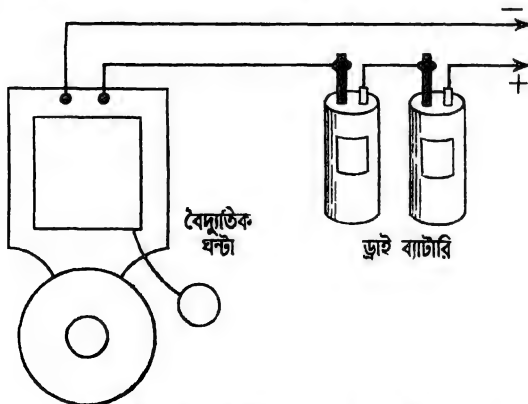


টেস্ট-বাতি
বাতির সাহায্যে কন্টিনিউয়িটি
পরীক্ষা
১৬৮নং চিত্র

(filament) কেবলমাত্র ভাল হওয়া কিংবা বাতি হইতে সামান্য আলো দেওয়া উচিত। কিন্তু এখানে যদি বাতি খুব জোরে জ্বলিতে থাকে, তবে বুঝিতে হইবে কয়েলে সর্ট-সার্কিট আছে। সেইরূপ, দুইটি ব্রাশের সঙ্গে টেস্ট-বাতি ধরিলেও আলো অপেক্ষাকৃত কম হওয়া উচিত; কেননা তখন কারেন্ট এক ব্রাশ হইতে একে একে অনেকগুলি আর্মেচার-কয়েলের মধ্য দিয়া তবে অল্প ব্রাশে যায়। সুতরাং এখানেও যদি বাতি জোরে জ্বলে, তবে বুঝিতে হইবে আর্মেচারের কয়েলে কোন দোষ আছে। তবে ফীল্ড পরীক্ষা করিবার সময় বাতি যতটা জোবে জ্বলে, আর্মেচার পরীক্ষা করিবার সময় তাহা অপেক্ষা কিছুটা বেশী জোরে জ্বলিবেই। এই দুই জায়গা ছাড়া অল্প যত জায়গায় সংযোগের ধাবাবাহিকতা পরীক্ষা করিতে হয়, সর্বত্রই সার্কিটে কোন দোষ না থাকিলে বাতি জোরে জ্বলা উচিত।

বিদ্যুৎ সরবরাহ পাওয়া না গেলে উপরের এই পরীক্ষা ড্রাই ব্যাটারি আর বৈদ্যুতিক ঘণ্টার সাহায্যেও

করা চলে। ব্যাটারি আর ঘণ্টা পরস্পরের সহিত সিরিজে যুক্ত থাকে। যে সার্কিটের সংযোগ পরীক্ষা করিতে হইবে, তাহার দুই প্রান্ত ব্যাটারি আর ঘণ্টার খোলা প্রান্তের সহিত দুইগাছা অন্তরিত তারের সাহায্যে সংযুক্ত করিয়া দিতে হয় (১৬৯নং চিত্র)।

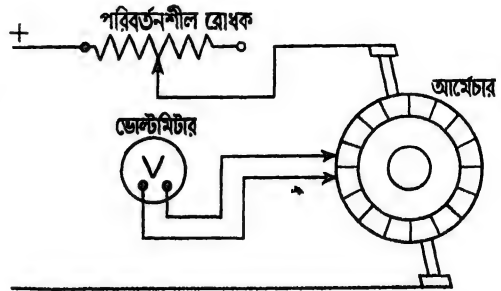


ড্রাই সেল ও বৈদ্যুতিক ঘণ্টার সাহায্যে কন্টিনিউয়িটি পরীক্ষা
১৬৯নং চিত্র

যদি ঘণ্টা বাজিয়া ওঠে, তবে বুঝিতে হইবে সংযোগের ধারাবাহিকতা ঠিক আছে ; আর যদি ঘণ্টা না বাজে, তবে বুঝিতে হইবে তার বা কয়েল কোথায়ও খোলা কিংবা কাটা আছে। এখানেও ঘণ্টা কত জোরে বা কত আন্তে বাজিতেছে তাহা হইতে বুঝা যায় বর্তনীতে সর্ট-সার্কিট বা অন্য কোন দোষ আছে কিনা।

আর্মেচারের কয়েল কোথায়ও খোলা কিংবা কাটা আছে কিনা, তাহা ভোল্টমিটারের সাহায্যেও পরীক্ষা করিয়া জানা যায়। এই পরীক্ষার সময় আর্মেচার সরবরাহ লাইনের সহিত যেভাবে সংযুক্ত থাকে, তাহা ১৭০ নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

প্রথমে লাইনের সহিত মিরিজে একটি বেশী রেজিস্ট্যান্সের পরিবর্তনশীল রোধক সংযুক্ত কর। এই রোধক, ব্রাশ আর কম্যুটেটারের মধ্য দিয়া আর্মেচারে কারেন্ট পাঠাইয়া একটি ভোল্টমিটারের দুই প্রান্ত পাশাপাশি অবস্থিত দুইটি কম্যুটেটার-সেগমেন্টের গায়ে ঠেকাইয়া ধর, আর যতক্ষণ ভোল্টমিটারের কাঁটা উপযুক্ত স্থানে সরিয়া না



ভোল্টমিটারের সাহায্যে আর্মেচারের কয়েল পরীক্ষা

১৭০ নং চিত্র

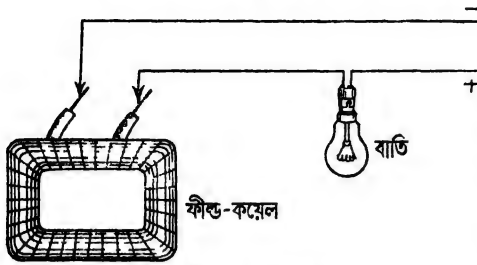
যায়, ততক্ষণ একটু একটু করিয়া বর্তনীর রেজিস্ট্যান্স কমাইতে থাক। ভোল্টমিটারে ঠিকমত নির্দেশ পাওয়ামাত্র পরিবর্তনশীল রোধককে সেই অবস্থায় রাখিয়া দাও। এখন দুইটি দুইটি কম্যুটেটার-সেগমেন্টের গায়ে ভোল্টমিটারের তার ঠেকাইলে দেখিতে পাইবে যে, প্রায় সকল ক্ষেত্রেই ভোল্টমিটারের কাঁটা স্কালের উপর সমান দূরে সরিয়া যাইতেছে। ইহা হইতে বুঝা যাইবে যে, এই সেগমেন্টগুলির সহিত যে-সকল কয়েলের সংযোগ আছে, সেই সকল কয়েলে কোন দোষ নাই।

এখন মনে কর, কম্যুটেটারের বাঁ দিকে কোন-দুইটি সেগমেন্টের সহিত যে কয়েলটি ঝালাই করা আছে, তাহার সংযোগ খোলা বা কাটা। স্তররাং উপরের দিকের ব্রাশটি যদি পজিটিভ বলিয়া ধরা যায়, তবে ঐ পজিটিভ ব্রাশ হইতে পরীক্ষা আরম্ভ করিলে নেগেটিভ ব্রাশ পর্যন্ত ডানদিকের সমস্ত সেগমেন্টগুলিতে ভোল্টমিটারের কাঁটা প্রায় সমান ভোল্টেজ দেখাইবে। কিন্তু পজিটিভ ব্রাশের বাঁ দিকে যে-কোন দুইটি সেগমেন্টের সঙ্গে ভোল্টমিটারের তার ঠেকাইলে মিটারে কোন ভোল্টেজ দেখাইবে না, কারণ কয়েলের সংযোগ খোলা থাকায় কম্যুটেটারের ঐ অংশ দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে পারিতেছে না। কিন্তু যে কয়েলটির সংযোগ কাটা বা খোলা আছে, তাহার দুই প্রান্তের সহিত ঝালাই করা কম্যুটেটার-সেগমেন্ট দুইটিতে ভোল্টমিটারের তার ঠেকাইলে মিটারে খুব বেশী ভোল্টেজ দেখাইবে, কারণ ঐ অবস্থায়

ভোল্টমিটারের মধ্য দিয়া বর্তনী সম্পূর্ণ হয় বলিয়া কারেন্ট বা দিকের কয়েলগুলি দিয়াও তখন প্রবাহিত হইতে আরম্ভ করিবে।

(২) সার্কিট পরীক্ষা (Short-Circuit Test)

সার্কিটের পরীক্ষা কন্টিনিউয়িটি পরীক্ষারই বিশেষ অবস্থা। যেখানে সংযোগের ধারাবাহিকতা বজায় থাকা উচিত নহে, কিংবা ফীল্ড আর আর্মচার-কয়েলের ক্ষেত্রে যেখানে সংযোগও নিরবচ্ছিন্ন থাকিবে অথচ অনেক তারের ভিতর



ফীল্ড-কয়েলের সার্কিট পরীক্ষা

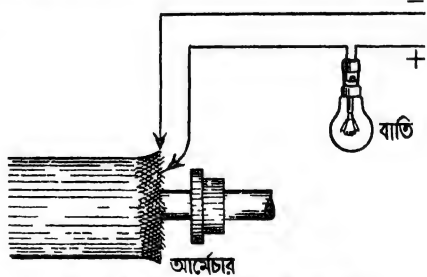
১৭১ (ক) নং চিত্র

দিয়া কারেন্ট প্রবাহিত হয় বলিয়া টেস্ট-বাতি বেশী জ্বলে জলিবে না, সেখানে যদি একটি কয়েলের সহিত অন্য একটি কয়েলের, অথবা ইন্ডালেশন ছিঁড়িয়া গিয়া একটি তারের সহিত অন্য একটি তারের ঠেকা-ঠেকি হইয়া যায়, তবে ঐ অংশে সার্কিট হওয়াব জন্ম কারেন্ট

সমস্ত তারের ভিতর দিয়া প্রবাহিত না হইয়া সার্কিটের মধ্য দিয়া সোজা রাস্তায় প্রবাহিত হইবে। ইহাতে সার্কিটের রেজিস্ট্যান্স কম হইবে, আর বাতি জ্বলে জলিবে। ফীল্ড-কয়েল আর আর্মচারের সার্কিট বাতির সাহায্যে

যেভাবে পরীক্ষা করা হয়, তাহা যথাক্রমে ১৭১ (ক) আর ১৭১ (খ) নং চিত্র দুইটিতে দেখানো হইয়াছে।

টেস্ট-বাতির দুইটি তার ফীল্ড-কয়েলের দুই প্রান্তে ঠেকাইলে যদি আলো অতি অল্প জলে কিংবা বাতির তার কেবলমাত্র লাল হয়, তবে বুঝিতে হইবে কয়েল ভাল আছে, আর যদি বাতি খুব জ্বলে জলে,



আর্মচার-কয়েলের সার্কিট পরীক্ষা

১৭১ (খ) নং চিত্র

তবে বুঝিতে হইবে কয়েলের ভিতরে সার্কিট আছে।

আর্মচার-কয়েলের সার্কিট পরীক্ষা করিবার সময় টেস্ট-বাতির তার পাশাপাশি অবস্থিত দুইটি কম্যুটেটার-সেগমেন্টের গায়ে পরে পরে ঠেকাইতে হইবে। যে কয়েলে সার্কিট আছে, সেই কয়েলের লুপ দুইটির সঙ্গে টেস্ট বাতির তার ঠেকিলেই আলো জ্বলে জলিয়া উঠিবে; আর যে কয়েলগুলিতে সার্কিট নাই, তাহাদের প্রান্তের সহিত টেস্ট-বাতির তার সংযুক্ত হইলে আলো অল্প হইবে আর বাতি একই রকমভাবে জলিবে।

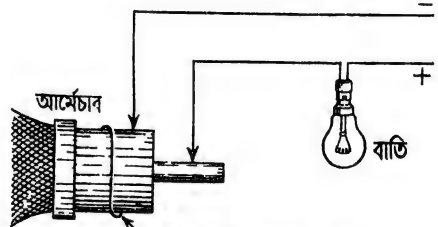
বাতির পরিবর্তে এই পরীক্ষা ড্রাই সেল আর বৈদ্যুতিক ঘণ্টার সাহায্যেও করা চলে। বাতি যেখানে জ্বরে জলে, ঘণ্টা সেখানে জ্বরে বাজিবে, আর বাতির আলো যেখানে কম থাকে, ঘণ্টা সেখানে আস্তে বাজিবে।

ভোল্টমিটারের সাহায্যেও আর্মেচার-কয়েলের সর্ট-সার্কিট পরীক্ষা করা যায়। এই পরীক্ষা কন্টিনিউয়িটি পরীক্ষার ত্রায় একই উপায়ে করিতে হয়। ১৭০নং চিত্রে ঘেরূপ দেখানো হইয়াছে সেইভাবে সংযোগ করিয়া প্রথম আর্মেচারে কারেন্ট পাঠাও, পরে ভোল্টমিটারের তার দুইটি দুইটি সেগমেন্টের গায়ে ঠেকাইয়া কাঁটা কতটা সরিয়া যাইতেছে তাহা লক্ষ্য কর। যে-সকল কয়েলে কোন দোষ নাই, তাহাদের সঙ্গে ঝালাই করা সেগমেন্টের গায়ে ভোল্টমিটারের তার ঠেকাইলে মিটারে সমান ভোল্টেজ দেখাইবে, কিন্তু যে কয়েলের তারে তারে ঠেকাঠেকি হইয়া আছে, তাহার সঙ্গে ঝালাই করা সেগমেন্টের গায়ে তার ঠেকাইলে ভোল্টমিটারে খুব সামান্য ভোল্টেজ দেখাইবে। আর যদি কয়েলের দুই প্রান্তের মধ্যে পুরাপুরি সর্ট-সার্কিট থাকে, তবে মিটারে কোন ভোল্টেজই দেখাইবে না।

(৩) বাহিরের আবরণের সহিত বিদ্যুৎবাহী তারের সংযোগ পরীক্ষা বা গ্রাউণ্ড টেস্ট (Ground Test)

কোন মেনিনের বিদ্যুৎবাহী তারের সহিত যদি উহার বাহিরের কাঠামো (frame), পোল-কোব, আর্মেচার-কোর প্রভৃতির সংযোগ ঘটে, তবে সার্কিটের সেই অংশে 'গ্রাউণ্ড' আছে—এইরূপ বলা হয়।

সর্ট-সার্কিট পরীক্ষার ত্রায় এই পরীক্ষাও একটি টেস্ট-বাতি, কিংবা একটি ড্রাই ব্যাটারি আর বৈদ্যুতিক ঘণ্টা, কিংবা একটি ভোল্টমিটারের সাহায্যে করা চলে; আবার ইনসুলেশন টেস্টিং মেগারের (Insulation Testing Megger) সাহায্যেও এই পরীক্ষা খুব সহজে করা যায়। তবে পরিবাহীর অন্তরণের রোধ



তামার তার দিয়া কমুটেটরের সেগমেন্টগুলি সর্ট-সার্কিট করা

১ টি-বাতির সাহায্যে আর্মেচারের গ্রাউণ্ড পরীক্ষা

১৭২নং চিত্র

কত তাহা দেখিবার জগুই সাধারণতঃ মেগার ব্যবহার করা হইয়া থাকে। বাতির সাহায্যে এই পরীক্ষা যেভাবে করা হয়, তাহা ১৭২নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

সরবরাহ লাইনের সহিত সিরিজে টেস্ট-বাতি যোগ করা থাকে। সেই বাতি হইতে একটি অন্তরিত তার আনিয়া ফীল্ড-কয়েলের এক প্রান্তের সহিত কিংবা কমুটেটার-সেগমেন্টের গায়ে ঠেকাইয়া লাইনের অন্য তারটি আর্মেচারের শাফট, আর্মেচারের কোর, ফীল্ডের পোল-কোর, মেনিনের কাঠামো প্রভৃতির সঙ্গে একে একে ঠেকাইতে হয়। যেখানে আলো জলিয়া ওঠে (আলোর পরিমাণ যত কমই হউক না কেন),

বুঝিতে হইবে সেখানে “গ্রাউণ্ড” আছে ; আর আলো না জ্বলিলে বুঝিতে হইবে সার্কিট ভাল আছে। কম্যুটেটারের উপরে একগাছা খোলা (bare) তার তার ভালভাবে জড়াইয়া লইয়া গ্রাউণ্ড টেস্ট করিলে সাধারণভাবে আর্মেচারের কোন জায়গায় দোষ আছে কিনা তাহা জানা যায়।

আর্মেচার আর ফীল্ড-কয়েল ছাড়া মেশিনের টার্মিনাল আর ব্রাশ-হোল্ডারেও গ্রাউণ্ড হইতে পারে। সাধারণতঃ টার্মিনালের বৃশ ভাজিয়া বা ফাটিয়া গিয়া, অথবা টার্মিনালের বাক্সের মধ্যে ধূলা আর তেল জমা হইয়া, এই গ্রাউণ্ডের সৃষ্টি হয়। গ্রাউণ্ড যত সামান্যভাবেই হউক না কেন, ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুসারে প্রত্যেক মেশিনের কাঠামো ভূমি-সংযুক্ত (earthed) থাকে বলিয়া মেশিন যতক্ষণ চলে, ততক্ষণ ঐ গ্রাউণ্ডের মধ্য দিয়া তড়িৎ-শক্তির অপচয় ঘটিতে থাকে। সেইজন্য বিদ্যুৎবাহী তারের সহিত মেশিনের কাঠামোর বাহাতে কোথায়ও কোন সংযোগ না থাকে, তাহা খুব ভালভাবে পরীক্ষা করিয়া দেখা উচিত।

টেস্ট-বাতির পরিবর্তে যখন ব্যাটারি আর বৈদ্যুতিক ঘণ্টা ব্যবহার করা হয়, তখন ব্যাটারির খোলা প্রান্ত হইতে একগাছা আর ঘণ্টার খোলা প্রান্ত হইতে আর একগাছা অন্তরিত তার আনিয়া একটি তারকে ফীল্ড-কয়েলের প্রান্তে বা কম্যুটেটার-মেগনেটের গায়ে আর অন্য তারটিকে কাঠামোর গায়ে ঠেকাইতে হয়। যদি ঘণ্টা বাজিয়া ওঠে, তবে বুঝিতে হইবে মেশিনের ঐ অংশে গ্রাউণ্ড আছে ; আর যদি ঘণ্টা না বাজে, তবে বুঝিতে হইবে সার্কিট ভাল আছে।

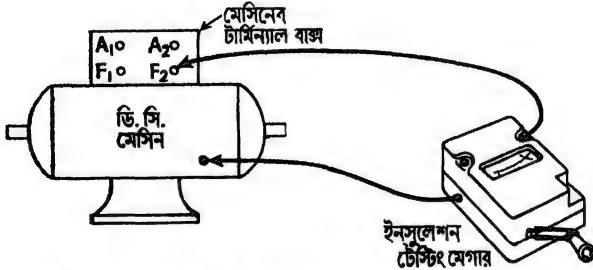
(৪) অন্তরণের রোধ পরীক্ষা বা ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স টেস্ট (Insulation Resistance Test)

কোন অন্তরিত তার বা ইন্সুলেশন দেওয়া পরিবাহীর মধ্য দিয়া যখন তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তখন ইন্সুলেশনের মধ্য দিয়াও কিছু না কিছু কারেন্ট পরিবাহী হইতে বাহিরে চলিয়া যায় এবং নষ্ট হয়। ইহার নাম কারেন্ট ‘লীক’ (leak) করা। যে কারেন্ট লীক করে, ইংরাজিতে তাহাকে ‘লীকেজ কারেন্ট’ (Leakage Current) বলে ; বাংলায় তাহাকে ‘বিদ্যুৎ-নির্গমন’ বলা যাইতে পারে। লীক করিবার সময় কারেন্ট অন্তরণের দ্বারা যতটা বাধা পায়, তাহাই ঐ অন্তরণের ‘ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স’ বা রোধ। কারেন্ট যত বেশী লীক করে, ততই শক্তির অপচয় বেশী ঘটে। সুতরাং কয়েলের ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স যত বেশী পাওয়া যায়, ততই মেশিনের পক্ষে তাহা ভাল। ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স সাধারণতঃ মেগওহম (megohm)-এ মাপা হইয়া থাকে, আর ম্যাট্রিক পদ্ধতি অনুসারে এক মেগওহম দশলক্ষ ওহমের সমান। এই কারণেই যে যন্ত্রের সাহায্যে তারের ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স মাপা হয়, তাহার নাম ‘ইন্সুলেশন টেস্টিং মেগার’ (Insulation Testing Megger) বা সংক্ষেপে ‘মেগার’।

মেশিনের ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স মাপা বড়ই দরকার, কেননা এই রেজিস্ট্যান্সের উপরেই মেশিনের ভালমন্দ অনেকখানি নির্ভর করে। যদি অন্তরণের রোধ এত বেশী

হয় যে, আর্থচার, কীল্ড-কয়েল, কম্যুটেটার প্রভৃতি বিদ্যুৎবাহী অংশ হইতে কারেন্ট কিছুমাত্র লীক করিতে না পারে, তবে মেশিনের পক্ষে তাহাই সর্বোৎকৃষ্ট অবস্থা। এমন অবস্থায় মেশিনের ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স 'ইন্ফিনিটি' (infinity) বা সীমাহীন হয়। লীকেজ কারেন্ট বড় বৃদ্ধি পায়, তারের ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্সও তত কমিতে থাকে। যখন ইন্ফিনিটি অপেক্ষা কম থাকে, তখন ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স মেগওহ্ম-এ মাপা হয়। লীকেজ কারেন্ট আরও বেশী হইলে ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স আরও কম হয়। তখন আর তাহা মেগওহ্ম-এও মাপা চলে না। অবশেষে যখন সমস্ত কারেন্ট লীক করিতে আরম্ভ করে, তখন ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স শূণ্য হইয়া যায়। এই অবস্থাই মেশিনের স্ট-সার্কিটের অবস্থা।

ডি. সি. মেশিনের ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স সাধারণতঃ মেগার দিয়েই মাপা হয়। তবে উপযুক্ত ভোল্টেজে বিদ্যুৎ সরবরাহ পাওয়া গেলে ভোল্টমিটারের সাহায্যেও ইহার পরিমাণ নির্ণয় করা চলে। মেগারের সাহায্যে যেভাবে ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স মাপা হয়, তাহা ১৭৩নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।



মেগারের সাহায্যে ডি. সি. মেশিনের ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স নির্ণয়
১৭৩নং চিত্র

মেশিন যদি ভূমি-সংযুক্ত বা আর্থ (connected to general mass of earth) করা থাকে, তবে প্রথমেই মেগারের একটি প্রান্ত আর্থের তারের সহিত সংযুক্ত করিয়া অল্প প্রান্ত হইতে আর একগাছা তার তইয়া তাহা মেশিনের টার্মিনাল-বাক্সের মধ্যে অবস্থিত প্রান্তগুলির সহিত ভালভাবে সংযুক্ত করিয়া দিতে হইবে। আর মেশিন যদি আর্থ করা না থাকে, তবে উহার কাঠামোর মধ্যে যেখানে আর্থের তার লাগাইবার বন্দোবস্ত আছে, সেইখানে মেগারের প্রান্তটি এটি তারের সাহায্যে সংযুক্ত করিতে হইবে। পরে মেগারের গায়ে যে হাতল আছে তাহা জোরে ঘুরাইলে বক্সের কাঁটা স্কেলের উপর যেখানে আঙ্গিয়া দাঁড়াইবে, তাহাই মেশিনের ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স হইবে। মেগারের হাতল বতঞ্চ ঘুরানো হয়, ততক্ষণ তাহা সমান জোরে ঘুরানো উচিত। পরীক্ষার সময় মিটারের কাঁটা বড় ওম বা বড় মেগওহ্ম দেখায়, তাহা একটি কাঁজে লিখিয়া রাখিতে হয়। পরে হিসাব করিয়া দেখিতে হয় ইন্সুলেশনের ঐ রেজিস্ট্যান্স ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন

অনুযায়ী কিংবা ভারতীয় মানক সংস্থার হিসাবমত সন্তোষজনক হইয়াছে কিনা। ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৪৮নং নিয়মে বলা হইয়াছে যে, কোন বৈদ্যুতিক সংস্থাপন বা যন্ত্রপাতি হইতে যে বিদ্যুৎ-নির্গমন (current leakage) হয়, তাহার সর্বোচ্চ পরিমাণ সংস্থাপন বা যন্ত্রপাতির জন্ত সর্বাপেক্ষা যত বেশী বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয় তাহার পাঁচ হাজার ভাগের এক ভাগ অপেক্ষা বেশী হইবে না। এই হিসাব অনুসারে মেশিনের সর্বোচ্চ লীকেজ কারেন্ট বাহ্যিক করিয়া তাহার দ্বারা যদি মেশিনের টার্মিনাল ভোল্টেজকে ভাগ করা যায়, তবে ভাগফল যত পাওয়া যাইবে, মেশিনের ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স কমপক্ষে তত ওম হইবে। উদাহরণস্বরূপ, মনে কর একটি ২০০ ভোল্টের ডি. সি. মোটর পূর্বা ভোল্টে ৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। সুতরাং ঐ মোটরের

$$\text{সর্বোচ্চ লীকেজ কারেন্ট} = \frac{5}{5000} = 0.001 \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হইবে। আর এই লীকেজ কারেন্ট অনুযায়ী মেশিনের সর্বাপেক্ষা কম

$$\text{ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স} = \frac{200}{0.001} = 200000 \text{ ওম বা } 0.2 \text{ মেগওম}$$

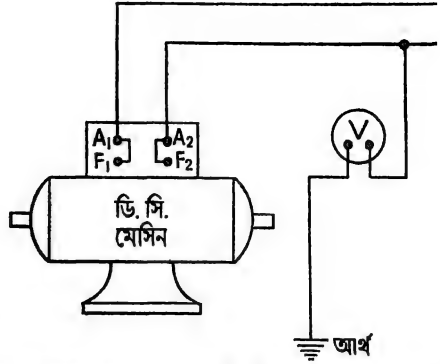
হওয়া উচিত। পৰীক্ষার সময় মেগাবেব কঁটা যদি ইহা অপেক্ষা কম দেখায়, তবে সেই মেশিন ব্যবহার করা চলিবে না।

ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ নং ৮.৪ আই এস : ১০০-১২৬৫ (সংশোধিত) অনুসারে ডি. সি. মোটরের ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স উঠাব ওয়াইণ্ডিং আর কাঠামোর মধ্যে মেগারের সাহায্যে মাপিতে হইবে। ৮.৪.১ আই এস : ১০০-১২৬৫ (সংশোধিত) নং নির্দেশে বলা হইয়াছে যে, অগ্রমোদনযোগ্য সর্বনিম্ন ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স মেশিনের ঠাণ্ডা অবস্থায় প্রতি কিলোভোল্ট তড়িৎ-চাপের জন্ত ১ মেগওম হিসাবে হইবে, এবং যেখানে তড়িৎ-চাপ ১ কিলোভোল্ট অপেক্ষা কম, সেখানেও এই রেজিস্ট্যান্স ১ মেগওম অপেক্ষা কম হইবে না (1 megohm/kv with a minimum of 1 megohm when the machine is cold)। পৰীক্ষার দ্বারা যদি দেখা যায় যে, মেশিনের ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স এই নির্দেশ অপেক্ষা কম আছে, তবে মেশিনের টার্মিনালে পূর্বা লাইন-ভোল্টেজ প্রয়োগ করিবার আগে উহাকে ভালভাবে গরম করিতে হইবে (dried out), পবে মেশিন ঠাণ্ডা হইলে মাপিয়া দেখিতে হইবে ঐ রেজিস্ট্যান্স কত আছে। যদি দেখা যায় তখনও ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স সন্তোষজনক হয় নাই, তবে নির্দেশ নং ১১২২ আই এস : ১০০-১২৬৫ (সংশোধিত) অনুসারে ওয়াইণ্ডিংয়ের উপর উৎকৃষ্ট শ্রেণীর ইনসুলেটিং বার্নিশ লেপন করিয়া দিতে হইবে (a coat of good insulating varnish should be applied to the windings)।

মেগাবেব সাহায্যে ডি. সি. মেশিনের ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স কিভাবে মাপা হয়, এতক্ষণ সেই সম্বন্ধেই আলোচনা করা হইল। কিন্তু যেখানে উপযুক্ত ভোল্টেজে বিদ্যুৎ সরবরাহ পাওয়া যায়, অর্থাৎ যেখানে সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ মেশিনের টার্মিনাল

ভোল্টেজের সমান হয়, সেখানে কেবলমাত্র একটি ভোল্টমিটারের সাহায্যেই ইন্সলেশন রেজিস্ট্যান্স মাপা চলে। তবে কার্যক্ষেত্রে এই পদ্ধতি বিশেষ ব্যবহার করা হয় না। মেরিন আর ভোল্টমিটার লাইনের সহিত কিভাবে সংযুক্ত থাকে, তাহা ১৭৪নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

প্রথমে লাইনের পজিটিভ আর নেগেটিভ তারের মধ্যে ভোল্টমিটারকে সংযুক্ত করিয়া লাইনের ভোল্টেজ কত তাহা দেখিয়া লও। মনে কর, মিটারের নির্দেশ হইতে লাইনের তড়িৎ-চাপ V-ভোল্ট পাওয়া গেল। পরে, মেরিনের কাঠামো যদি আর্থ কবা থাকে তবে সেই আর্থের তারের সঙ্গে, নইলে সুবিধামত জায়গায় একটি তালকে



ভোল্টমিটারের সাহায্যে ডি. সি. মেরিনের ইন্সলেশন রেজিস্ট্যান্স টেস্ট
১৭৪নং চিত্র

আর্থ করিয়া লইয়া তাহার সঙ্গে ভোল্টমিটারের নেগেটিভ টার্মিনালকে সংযুক্ত কর। ভোল্টমিটারের পজিটিভ টার্মিনাল হইতে একগাছা তার লইয়া মেরিনের পজিটিভ টার্মিনালকে ঠেকাও এবং মিটারের কাঁটা কত নির্দেশ করে তাহা দেখিয়া লও। মনে কব, এই নির্দেশ V_1 -ভোল্টের সমান। পরে আবার ঐ তারকে মেরিনের নেগেটিভ টার্মিনালকে ঠেকাও এবং মনে কর এইবার মিটারে V_2 -ভোল্ট দেখাইতেছে। এই সময় ভোল্টমিটারের কাঁটা যদি উল্টা দিকে ঝাইতে চেষ্টা করে, তবে উহার সংযোগ উল্টা করিয়া দাও, অর্থাৎ ভোল্টমিটারের পজিটিভ টার্মিনালকে আর্থের তারের সঙ্গে আর নেগেটিভ টার্মিনালকে মেরিনের নেগেটিভ টার্মিনালের সঙ্গে যোগ কর।

এখন, ভোল্টমিটারের রেজিস্ট্যান্স কত তাহা জানিতে হইবে। যে ভোল্টমিটারের রেজিস্ট্যান্স জানা নাই, তাহার দ্বারা এই পরীক্ষার কাজ সম্পন্ন করা চলে না। মিটারের রেজিস্ট্যান্স জানা গেলে মেরিনের ইন্সলেশন রেজিস্ট্যান্স তখন নিম্নলিখিত সূত্রের সাহায্যে অঙ্ক কষিয়া বাহির করা যায়। মিটারের রেজিস্ট্যান্স যদি R_v ওম হয় তবে

$$\text{মেরিনের ইন্সলেশন রেজিস্ট্যান্স} = \left[\frac{V - (V_1 + V_2)}{V_1 + V_2} \right] \times R_v \text{ ওম}$$

হইবে। উদাহরণস্বরূপ—

একটি ডি. সি. মেরিন পরীক্ষা করিবার সময় দেখা গেল সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ ২২০ ভোল্ট, মেরিনের পজিটিভ টার্মিনাল এবং আর্থের মধ্যে তড়িৎ-চাপ ১১০ ভোল্ট, মেরিনের নেগেটিভ টার্মিনাল এবং আর্থের মধ্যে তড়িৎ-চাপ ৫ ভোল্ট এবং ভোল্টমিটারের রেজিস্ট্যান্স ১৫০০০ ওম আছে। সুতরাং ঐ মেরিনের

$$\text{ইন্সলেশন রেজিস্ট্যান্স} = \left[\frac{২২০ - (১১০ + ৫)}{১১০ + ৫} \right] \times ১৫০০০ = ১৪৮৬৪ \text{ ওম}$$

হইবে। ধোঁয়ার সাহায্যে এখন যদি এট মেনিনকে পরীক্ষা করিয়া দেখা হয়, তবে সেক্ষেত্রেও ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স মোটামুটি এই রকমই পাওয়া যাইবে।

ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্সের উপর আবহাওয়ার প্রভাব খুব বেশী। গ্রীষ্মকালের খটখটে দিনে কোন মেনিনের ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স যত পাওয়া যায়, বর্ষাকালের বাদলা দিনে পরীক্ষা করিবার সময় ঐ রেজিস্ট্যান্স তাহা অপেক্ষা অনেক কম দেখায়। এইজন্য বারমাসেব সকল সময়েই পরীক্ষার সমান ফল আশা করা উচিত নহে। উপরে ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্সেব যে হিসাবের কথা বলা হইয়াছে, গ্রীষ্মকালে কিংবা খটখটে দিনেই পরীক্ষার ফল সেইরূপ আশা করা যাইতে পারে। সাধারণতঃ বর্ষাকালে গ্রীষ্মকালের পরীক্ষার অর্ধেক ফল পাওয়া গেলেই সন্তুষ্ট থাকা উচিত, তবে সেই পরীক্ষার ফল যেন কোনক্রমেই সর্বনিম্ন ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স অপেক্ষা কম না হয়।

(৫) উত্তাপ বৃদ্ধি পরীক্ষা বা টেম্পারেচার টেস্ট (Temperature Test)—

পুরান মেনিন মেরামতের পরেই সাধারণতঃ মেনিনের উপর এই পরীক্ষা করা হইয়া থাকে। আর্মেরচার আর ফীল্ড-কয়েল ধোঁয়াতের পর কন্টিনিউয়িটি, সর্ট-সারকিট, গ্রাউণ্ড, ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স আর টেম্পারেচার টেস্ট করা দরকার। কম্বুটেটার মেরামতের পর তাহার গ্রাউণ্ড আর টেম্পারেচার টেস্ট করিতে হয়। বেয়ারিং মেরামতের পরেও তাহার টেম্পারেচার টেস্ট করা হইয়া থাকে।

যখন মেনিন চলিতে থাকে, তখন তড়িৎ-প্রবাহের দরুন উহার আর্মেরচার, ফীল্ড-কয়েল এবং কম্বুটেটার, আর ঘর্ষণের জন্য উহার বেয়ারিং অল্পবিস্তর গরম হয়। গরম খুব বেশী হইলে তাহা মেনিনের অনিষ্ট কবে, এমনকি মেনিন পুড়িয়া যাইতে পর্যন্ত পারে। তাই চালু অবস্থায় প্রত্যেক মেনিনের কোন্ অংশে উত্তাপ কতটা বৃদ্ধি পায়, তাহা পরীক্ষা করিয়া দেখা দরকার। আর্মেরচার কিংবা ফীল্ড-কয়েল যতটা কারেন্ট সঞ্চ করিতে পারে, মেনিন দিয়া যদি তাহা অপেক্ষা বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হয় তবে ঐগুলি অভিশয় গরম হইয়া ওঠে। তখন কয়েলের গায়ে যে ইন্সুলেশন লাগানো থাকে, তাহা গলিতে আরম্ভ করে আর পোড়া গন্ধ বাহির হয়। চলিবার সময় কোন মেনিনকেই এত বেশী গরম হইতে দেওয়া উচিত নহে। যদি অল্প কোন জায়গায় দোষ না থাকে, তবে এমন অবস্থায় বৃষ্টিতে হইবে আর্মেরচার কিংবা ফীল্ড-কয়েল প্রয়োজনের তুলনায় বেশী সুরু তার দিয়া জড়ানো হইয়াছে, তাই চলিতে চলিতে বেশী গরম হইয়া উঠিতেছে। তখন আবার তাহাদের নতুন করিয়া জড়াইয়া লওয়া ভিন্ন অন্য কোন উপায় থাকে না।

ডি. সি. মেনিনের এই দোষ প্রায়ই আর্মেরচার আর ফীল্ড-কয়েল ধোঁয়াতের পরে দেখা দেয়। অনেক সময় আর্মেরচার-কয়েল ঠিক থাকে, কিন্তু কয়েলের প্রান্ত কম্বুটেটারের সঙ্গে ভাল করিয়া ঝালা না থাকায় সংযোগ (contact) ঠিকমত হয় না; তখন কয়েল গরম হইয়া ওঠে, আর ইন্সুলেশন গলিয়া পিয়া পোড়া গন্ধ বাহির হয়। অনেক সময় কয়েলের সঙ্গে কম্বুটেটারও খুব গরম হইয়া ওঠে। তবে

এই দোষের প্রতিকার করা খুবই সহজ। কয়েলের যে প্রান্তগুলি আলগা হইয়া পিয়াছে, তাহাদের আবার সেগ্‌মেন্টের সহিত ভালভাবে ঝালাই করিয়া দিলেই এই দোষ সারিয়া যায়। কম্যুটেটার বড় বেশী গরম হইলে তাহার রং পরিবর্তিত হয়। তামার রং যেমন লাল, কম্যুটেটারের রং আর তখন সেইরূপ থাকে না;—লালের সঙ্গে একটু নীল নীল বা বেগুনি আভা দেখা দেয়। যে-কোন কারণেই হউক, বেশী আগুন দিলে কম্যুটেটার গরম হইবেই। আবার পুরান মেরিনে অনেকবার টার্ণ করিয়া লওয়ার জন্য সেগ্‌মেন্টগুলি যখন পাতলা হইয়া যায়, তখনও কম্যুটেটার গরম হইয়া ওঠে। ইহার প্রতিকার, কম্যুটেটার বদলাইয়া ফেলা।

নতুন লাগাইবার পরে, কিংবা তেল না থাকিলে, বেয়ারিং প্রায়ই গরম হইতে থাকে। মেরিন বন্ধ করিয়া আর্মেচারের শাফ্ট হাত দিয়া ঘুরাইতে গেলে এমন অবস্থায় বেশী জোর লাগে। যখন বেয়ারিং বড় বেশী গরম হইয়া ওঠে, তখন যদি মেরিন তাড়াতাড়ি বন্ধ করিয়া রাখিয়া দেওয়া হয়, তবে আর্মেচার-শাফ্ট বেয়ারিংয়ের সঙ্গে জড়াইয়া যাওয়ার খুব বেশী আশঙ্কা থাকে। সেক্ষেত্রে বন্ধ কন্ডিবার পরে মেরিন ঠাণ্ডা না হওয়া পর্যন্ত উহার বেয়ারিংয়ে বেশী করিয়া ঘন ঘন তেল ঢালিতে হয়, আর আর্মেচারকে হাত দিয়া আস্তে আস্তে ঘুরাইতে হয়। ইহাতে আর্মেচার-শাফ্ট বেয়ারিংয়ের মধ্যে জড়াইয়া যাইতে পারে না। বেয়ারিং অতিরিক্ত গরম হইলে তেলের সঙ্গে কিছু ‘গ্রাফাইট’ বা ‘ব্ল্যাক লেড’ (graphite or black lead) গুঁড়া করিয়া মিশাইয়া দেওয়া ভাল। তেলের অভাবে, আর হাতের কাছে থাকে বলিয়া, অনেক সময় এই অবস্থায় বেয়ারিংয়ে জল ঢালা হইয়া থাকে। ইহাতে কিন্তু লোহার অংশে মরিচা ধরিবার আশঙ্কা দেখা দেয়। তেল বা জল যাহাই ঢালা হউক না কেন, তাহা যাহাতে আর্মেচার, ফীল্ড-কয়েল আর কম্যুটেটারের গায়ে কিছুমাত্র না লাগে সেই বিষয়ে সাবধান হওয়া দরকার।

মেরিনের কোন জায়গা বেশী গরম হইয়াছে কিনা, ছোট ছোট মেরিনের ক্ষেত্রে তাহা সাধারণতঃ সকলে হাত দিয়াই পরীক্ষা করিয়া দেখে। যদি হাতের উপর পিঠে উত্তাপ অসহ্য মনে না হয়, তবে বুঝিতে হইবে গরম হইলেও ঐ অংশ অতিরিক্ত গরম হইয়া ওঠে নাই। কিন্তু নিয়ম অনুসারে উত্তাপ বৃদ্ধি পরীক্ষা করিতে হইলে ভারতীয় মানক সংস্থার ১১. ২. ২ আই এস : ৪৭২২—১৯৬৮ নং নির্দেশে যে সকল পদ্ধতির উল্লেখ করা হইয়াছে, সেই অনুসারে মেরিনকে পরীক্ষা করিয়া দেখা উচিত। এই নির্দেশে তিনটি পদ্ধতির কথা উল্লেখ করা আছে। যথা—

(ক) থার্মোমিটার পদ্ধতি (Thermometer Method),

(খ) রেজিস্ট্যান্স পদ্ধতি (Resistance Method), আর

(গ) ইম্বেডেড্‌ টেম্পারেচার ডিটেক্টর পদ্ধতি (Embedded Temperature Detector Method)।

ডি. সি. মেরিন পরীক্ষা করিবার জন্য সাধারণতঃ প্রথম দুইটি পদ্ধতিই ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

(ক) থার্মোমিটার পদ্ধতি বা থার্মোমিটারের সাহায্যে মেনিনের উত্তাপ বৃদ্ধি পরীক্ষা :—

থার্মোমিটারের সাহায্যে যখন মেনিনের উত্তাপ বৃদ্ধি পরীক্ষা করা হয়, তখন যে অংশের উত্তাপ মাপিতে হইবে তাহার গায়ে থার্মোমিটারের “বাল্ব” ঠেকাইয়া ধরিতে হয়, আর এমন বন্দোবস্ত রাখিতে হয় যাহাতে পরীক্ষার সময় পারা (mercury) হইতে উত্তাপ বাহির হইয়া যাইতে না পারে। মেনিনের গায়ে এইভাবে থার্মোমিটারকে ধরিয়া রাখিলে দেখা যাইবে পারা ক্রমশঃ উপরের দিকে উঠিতেছে। যতক্ষণ পারা উঠিতে থাকে, ততক্ষণ থার্মোমিটারকে একইভাবে ধরিয়া রাখা দরকার। যখন পারা আর ওঠে না, কেবলমাত্র তখনই উত্তাপ কত হইল তাহা দেখিয়া লইতে হয়। গরম জায়গা হইতে থার্মোমিটারকে তুলিয়া লইলে পারা নীচের দিকে নামিতে আরম্ভ করে। তাই মেনিনের গায়ে উহা যে অবস্থায় থাকে, সেই অবস্থাতেই রাখিয়া দিয়া উত্তাপ দেখিয়া লওয়া উচিত। আর যদি তুলিয়া লওয়া নিতান্ত আবশ্যক হইয়া পড়ায়, তবে যত তাড়াতাড়ি সম্ভব উত্তাপ দেখিয়া লইতে হয়।

ভারতীয় মানক সংস্থার ১১.২.৩ এবং ১১.২.৪ আই এস : ৪৭২২—১৯৬৮ নং নির্দেশে কোন্ অবস্থায় আর কিভাবে থার্মোমিটারের সাহায্যে মেনিনের উত্তাপ পরীক্ষা করিতে হইবে তাহা বলা হইয়াছে। এই নির্দেশ অনুসারে একটি সম্পূর্ণ মেনিনের যে যে অংশের গায়ে থার্মোমিটারের বাল্ব ঠেকাইয়া উত্তাপ কত আছে তাহা পড়িয়া লওয়া সম্ভব হইবে, সেই সেই অংশের উত্তাপ থার্মোমিটারের সাহায্যে মাপা চলিতে পারে। যদি মেনিনের কোন অংশে পরিবর্তনশীল বা গতিশীল কোন চুম্বক-ক্ষেত্র থাকে, তবে ঐ অংশের উত্তাপ মাপিবার সময় পারা দেওয়া থার্মোমিটারের পরিবর্তে স্পিরিট বা অ্যালকোহল দেওয়া থার্মোমিটার (alcohol thermometer) ব্যবহার করা উচিত।

(খ) বেজিস্ট্যান্স পদ্ধতি বা রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ নির্ণয় করিয়া তাহার সাহায্যে মেনিনের উত্তাপ বৃদ্ধি পরীক্ষা :—

ভারতীয় মানক সংস্থার ১১.২.৫ আই এস : ৪৭২২—১৯৬৮ নং নির্দেশে বলা হইয়াছে যে, কোন ওয়াইণ্ডিংয়ের উত্তাপ বৃদ্ধির পরিমাণ উহার রেজিস্ট্যান্স যতটা বৃদ্ধি পায় তাহা হইতে হিসাব কষিয়া বাহির করা চলে। তাহার ওয়াইণ্ডিংয়ের ক্ষেত্রে নির্দেশ নং ১১.২.৭ আই এস : ৪৭২২—১৯৬৮ অনুসারে এই হিসাব নিম্নলিখিতরূপ হইবে :

$$\frac{t_2 + 273}{t_1 + 273} = \frac{R_2}{R_1}$$

এখানে

t_2 = পরীক্ষার শেষে গরম অবস্থায় ওয়াইণ্ডিংয়ের উত্তাপ (ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড),

t_a = পরীক্ষার শেষে ওয়াইণ্ডিংয়ের চতুর্পার্শ্বের আবহাওয়ার উত্তাপ (ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড),

t_1 = পরীক্ষা শুরু হওয়ার সময় ঠাণ্ডা অবস্থায় ওয়াইণ্ডিংয়ের উত্তাপ (ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড),

R_2 = পরীক্ষার শেষে গরম অবস্থায় ওয়াইণ্ডিংয়ের রেজিস্ট্যান্স,

R_1 = পরীক্ষা শুরু হওয়ার সময় ঠাণ্ডা অবস্থায় ওয়াইণ্ডিংয়ের রেজিস্ট্যান্স।

এই সূত্র হইতে ওয়াইণ্ডিংয়ের উত্তাপ বৃদ্ধির পরিমাণ ($t_2 - t_a$) কত হইবে, তাহা নির্ণয় করা যায়। কার্যক্ষেত্রে উপরের সূত্রের বিকল্প হিসাবে নীচের সূত্রটিও ব্যবহৃত করা চলে :

$$t_2 - t_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (235 + t_1) + t_1 - t_a$$

সর্বোচ্চ কত তাপমাত্রায় মেশিন পরিচালনা করা যাইতে পারে (Maximum Allowable Temperature-Rise of a D.C. Machine)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, কোন ডি. সি. মেশিন চলিবার সময় বেশী গরম হইয়া উঠিলে উহার আর্মচার, ফীল্ড-কয়েল, ব্রেয়ারিং প্রভৃতি নষ্ট হইয়া যাইবার আশঙ্কা থাকে। সুতরাং কোন মেশিন ঠিকভাবে পরিচালনা করিতে হইলে উহার উত্তাপ কতটা বৃদ্ধি পাইতে দেওয়া চলে, সেই বিষয়ে জ্ঞান থাকা প্রয়োজন। প্রত্যেক মেশিনের ক্ষেত্রেই সর্বোচ্চ কত ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা এই মেশিনের পক্ষে নিরাপদ তাহা স্থাপনভাবে বলা থাকে, আর এই সর্বোচ্চ তাপমাত্রা সাধারণতঃ এই মেশিনে কোন্ শ্রেণীর ইন্সুলেশন ব্যবহার করা হইয়াছে তাহার উপরেই নির্ভর করে। চতুর্পার্শ্বের আবহাওয়ার উত্তাপ স্বতন্ত্র থাকে, তাহার উপরে কোন্ শ্রেণীর ইন্সুলেশন আরও কত ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা সহ্য করিতে পারিবে তাহা ভারতীয় মানক সংস্থার ১১.৩১ আই এস : ৪৭২২-১৯৬৮নং নির্দেশে বলা হইয়াছে। এই নির্দেশের ২নং তালিকা অনুসারে আর্মচার, ফীল্ড-কয়েল, কম্যুটেটার প্রভৃতির তাপমাত্রা ঘরের তাপমাত্রা অপেক্ষা A-শ্রেণীর ইন্সুলেশনের ক্ষেত্রে ৫০ হইতে ৬০ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত, E-শ্রেণীর ইন্সুলেশনের ক্ষেত্রে ৬৫ হইতে ৭৫ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত, আর B-শ্রেণীর ইন্সুলেশনের ক্ষেত্রে ৭০ হইতে ৮০ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত বৃদ্ধি পাইতে পারে।

৮-২। ডি. সি. মেশিনের ভূমি-সংযোগ বা আর্থিং (Earthing of D. C. Machines)

ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুসারে প্রত্যেক জেনারেটার আর মোটরের কাঠামো এবং অন্যান্য ধাতব অংশকে (যাহা পরিবাহী হিসাবে ব্যবহৃত হয় না) মাটির সহিত সংযুক্ত করিতে হয়। ছোট ছোট মোটরের ক্ষেত্রে যদি তড়িৎ-চাপ ২৫০ ভোল্টের বেশী না হয়, তবে একটিমাত্র পরিবাহীর সাহায্যেই ভূমি-সংযোগ করা চলে ; কিন্তু তড়িৎ-চাপ ২৫০ ভোল্ট অপেক্ষা বেশী হইলে, অর্থাৎ মাঝারি তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে, ২৬ [ডি. সি.]

দুইটি সম্পূর্ণ ও স্বতন্ত্র পরিবাহীর দ্বারাই মেনিনকে আর্থ করা নিয়ম। বৈদ্যুতিক আইনের ৬১ (২) নং নিয়মে বলা হইয়াছে, প্রতিটি জেনারেটরের, স্থায়ীভাবে অবস্থিত মোটরের, এবং যতটা সম্ভব, বহনযোগ্য মোটরের কাঠামো, এবং সকল ট্রান্সফরমারের ও বিদ্যুৎ নিয়ন্ত্রণের জন্য ব্যবহৃত যে-কোনও যন্ত্রের এবং সকল মাঝারি তড়িৎ-চাপ ব্যবহারকারী যন্ত্রের ধাতব অংশ (যাহা পরিবাহী হিসাবে ব্যবহৃত হইবে না) দুইটি সম্পূর্ণ ও স্বতন্ত্র সংযোগের দ্বারা মালিক কর্তৃক ভূমির সহিত যুক্ত হইবে। ৬১(৩)নং নিয়মে বলা হইয়াছে, কোনও বিদ্যুৎ সরবরাহ লাইন বা যন্ত্রকে ধারালু করিবার বা রক্ষা করিবার জন্য ব্যবহৃত সকল ধাতব আচ্ছাদন বা আবরণকে ভূমির সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে, এবং সেইগুলিকে সংযোগ-বাক্সে এবং অন্যান্য প্রারম্ভিক জায়গার কাছে এমনভাবে জুড়িয়া দিতে আর সংযুক্ত করিতে হইবে যাহাতে তাহাদের সমগ্র দৈর্ঘ্য বরাবর ভাল যান্ত্রিক আর বৈদ্যুতিক সংযোগ বজায় থাকে। আইনের ৬১(৪) নং নিয়মে আরও বলা হইয়াছে, সরবরাহকারীর সকল ভূমি-সংযোগ ব্যবস্থা শুষ্ক ঋতুতে আর শুকনা দিনে অনানুপ্রতি দুই বৎসরে একবার পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইবে রেজিস্ট্র্যান্স ঠিক আছে কিনা।

কিন্তু এই ভূমি-সংযোগ ব্যবস্থার রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ কত হইবে, সেই সম্বন্ধে বৈদ্যুতিক আইনে কোন স্পষ্ট নির্দেশ দেওয়া নাই। ভারতীয় মানক সংস্থার ১২.৩.২ আই এস: ৩০৪৩-১৯৬৬ (সংশোধিত ১৯৭১) নং নির্দেশে অবশ্য ভূমি-সংযোগ ব্যবস্থার সর্বোচ্চ রেজিস্ট্যান্স কত হওয়া উচিত তাহা নির্ণয় করিবার জন্য একটি সূত্র দেওয়া আছে। সূত্রটি এইরূপ—

$$\text{আর্থিং বেজিস্ট্যান্স} = \frac{1}{2} \times \text{পরিবাহী এবং আর্থের মধ্যে ভোল্টেজ} \\ 2.5 \times \text{সারকিটের সর্বাপেক্ষা বড় ফিউজ তারের অথবা সারকিট ব্রেকারের তড়িৎ-বহন ক্ষমতা}$$

এ নির্দেশে ভূমি-সংযোগ রক্ষাকারী তারের আয়তন কত হইবে তাহাও বলা আছে। যদি তামার তার দিয়া আর্থ করা হয়, তবে মেনিনের সারকিটে সর্বাপেক্ষা বেশী মোটা তামার পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদ যত থাকিবে, আর্থের তারের প্রস্থচ্ছেদ তাহার অর্ধেক হইবে। আর যদি গ্যালভানাইজ করা লোহা তার (galvanized iron wire) দিয়া আর্থ করা হয়, তবে আর্থের তারের প্রস্থচ্ছেদ সারকিটের সর্বাপেক্ষা বেশী মোটা তামার তারের প্রস্থচ্ছেদের সমান থাকিবে। সারকিটের বিদ্যুৎবাহী তার যদি অ্যালুমিনিয়ামের পরিবাহী হয়, তবে তাহার সমতুল তামার পরিবাহীর আয়তন কত হইবে তাহা প্রথমে নির্ণয় করিয়া পরে সেই অনুসারে আর্থের তারের আয়তন ঠিক করিতে হইবে। ধাতুনির্মিত কণ্ডুইট পাইপ সাধারণতঃ ভূমি-সংযোগ রক্ষাকারী পরিবাহী হিসাবে ব্যবহৃত হয় না। যদি উহাকে আর্থের তার হিসাবে ব্যবহার করিতে হয়, তবে পাইপের কাজ খুব নিখুঁত হওয়া দরকার। যেখানে একটি পাইপ শেষ হইয়া অন্য একটি পাইপ শুরু হইবে, কিংবা যেখানে পাইপের মাথা মেনিন, স্ক্রিচ, স্টার্টার, সংযোগের বাক্স (junction box) প্রভৃতির মধ্যে প্রবেশ করিবে, সেখানে

পাইপের মাথায় ভাল করিয়া প্যাচ কাটিয়া লক্‌নাট বা জ্যাম্‌নাটের সাহায্যে উভয় পাইপ অথবা পাইপ এবং যন্ত্রপাতির মধ্যে এমনভাবে সংযোগ করিতে হইবে যাহাতে সংযোগস্থলের তড়িৎ-বহন ক্ষমতা পাইপের তড়িৎ-বহন ক্ষমতা অপেক্ষা কম না হয়।

মাঝারি চাপের সংস্থাপন আর্থ করিবার জন্য দুইটি সম্পূর্ণ আলাদা তড়িদ্বার (electrode) মাটি খুঁড়িয়া গর্তের মধ্যে বসাইতে হয়, এবং প্রত্যেকটি তড়িদ্বার হইতে একটি করিয়া আলাদা আর্থের তার বাহিরে আনিয়া আর্থিং বাস-বার অথবা মেশিনের কাঠামোর সহিত সংযুক্ত করিতে হয়। আর্থিং বাস-বার কিংবা মেশিনের কাঠামো হইতে আবার আর্থের তার কতুইট পাইপ অথবা 'কেবল' (cable)-এর সঙ্গে সঙ্গে অন্যান্য যন্ত্রপাতি পর্যন্ত লইয়া যাওয়া হয়। এইভাবে সংস্থাপনের বিভিন্ন মেশিন আর যন্ত্রপাতি, কতুইট পাইপ, যন্ত্রপাতি ও তারের ধাতুনির্মিত আচ্ছাদন প্রভৃতি ভূমির সহিত সংযুক্ত থাকে। তড়িদ্বার বসাইবার জন্য যে দুইটি গর্ত খোঁড়া হয়, মানক সংস্থার নির্দেশ অনুসারে তাহাদের মধ্যে দূরত্ব ৫ মিটারের কম হইলে চলিবে না। তড়িদ্বার এবং মাটির ভিতর গর্তের আয়তন কিরূপ হওয়া উচিত এবং কিভাবে গর্তের ভিতর তড়িদ্বার বসাইয়া আর্থিংয়ের কাজ সম্পূর্ণ করিতে হয়, তাহার বিস্তৃত বিবরণ ভারতীয় মানক সংস্থার আই এস : ৩০৪৩-১৯৬৬ নং নির্দেশ দেওয়া আছে। চিত্রসহ এই নির্দেশের সংক্ষিপ্ত বিবরণ নিম্নে দেওয়া হইল :

মেশিন আর্থ করিবার জন্য সাধারণতঃ গ্যালভানাইজ করা লোহার পাইপ (galvanized iron pipe) তড়িদ্বার হিসাবে ব্যবহার করা হয়। পাইপের মধ্য দিয়া কতটা কারেন্ট যাইবে, আর গর্তের ভিতরে মাটি কি ধরনের হইবে, তাহার উপরেই পাইপের আয়তন নির্ভর করে। মানক সংস্থার নির্দেশ অনুযায়ী গর্তের মধ্যে নরম আর সঁাতসঁতে মাটি পাওয়া গেলে পাইপের দৈর্ঘ্য কমপক্ষে ২ মিটার আর ব্যাস ৩৮.১ মিলিমিটার হইবে। আর যদি মাটি শুকনা এবং খুব শক্ত (rocky) হয়, তবে পাইপের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পাইয়া ২.৭৫ মিটার হইবে। মাটির সহিত যাহাতে ভালভাবে সংযোগ হয় সেইজন্য পাইপের গায়ে সমান দূরে দূরে ১২ মিলিমিটার ব্যাসের কতকগুলি ছিদ্র করা থাকে।

গর্তের মধ্যে খাড়াভাবে পাইপকে বসাইয়া [১৭৫(ক) নং চিত্র] উহার নীচের অংশ যাহাতে সর্বদা ভিজা মাটির সংস্পর্শে থাকিতে পারে, সেইরূপ বন্দোবস্ত করিতে হয়। এইজন্য মাটির ভিতরে যতটা গভীরে ভিজা মাটি পাওয়া যায়, ততদূর পর্যন্ত গর্ত খুঁড়িতে হইবে। গর্তের গভীরতা সাধারণতঃ ৪.৭৫ মিটার হওয়া উচিত ; তবে যদি ইহার আগেই মাটি যথেষ্ট ভিজা পাওয়া যায়, সেক্ষেত্রে গভীরতা কিছু কম রাখিলেও চলে। পাইপের নীচের দিকে চারিপাশে ১৫ সেন্টিমিটার পর্যন্ত জায়গা কাঠকয়লা আর লবণ দিয়া ঘিরিয়া দেওয়া দরকার। ইহাতে একদিকে যেমন কাঠকয়লা পাইপ আর মাটির মধ্যে সংযোগের আয়তন বৃদ্ধি করে, অন্যদিকে তেমনি লবণ আর্থের রেজিস্ট্যান্স কমাইয়া দেয়। গর্তের মধ্যে প্রথম স্তরে লবণ দ্বিতীয় স্তরে কাঠকয়লা, আবার তৃতীয় স্তরে লবণ চতুর্থ স্তরে কাঠকয়লা,—এইভাবে সাজানো থাকে। গ্রীষ্মকালের শুকনা

একটি চূঙ্গি (funnel) বসানো থাকে, আর চূঙ্গির মধ্য দিয়া যাহাতে কোন শক্ত বস্তু ভিতরে ঢুকিয়া পাইপের গর্ত বন্ধ করিতে না পারে সেইজন্য উহার মুখ তারের জাল দিয়া ঢাকিয়া দেওয়া থাকে। যেখানে গ্যালভানাইজ করা লোহার পাইপ দিয়া আর্থ করা হয়, সেখানে গ্যালভানাইজ করা লোহার পাতি বা তার ভূমি-সংযোগকারী পরিবাহী হিসাবে ব্যবহার করা নিয়ম। সংস্থাপনের কোথায়ও কোন দোষ দেখা দিলে সর্বাপেক্ষা বেশী কত কারেন্ট আর্থে যাইবে তাহা নির্ণয় করিয়া, সেই অল্পসারে এই পরিবাহীর আয়তন ঠিক করিতে হয়। তবে সাধারণভাবে ভূমি-সংযোগকারী তারের প্রস্থচ্ছেদ ০.৬৪৫ বর্গ সেন্টিমিটার হইয়া থাকে। আর্থিং পাইপের সহিত এক প্রান্ত সংযুক্ত করিয়া জমির উপরিভাগ হইতে প্রায় ৬০ সেন্টিমিটার নীচে অবস্থিত ১২.৭ মিলিমিটার ব্যাসের গ্যালভানাইজ করা লোহার পাইপের মধ্য দিয়া এই তারকে নিকটবর্তী মেসিন বা আর্থিং বাস-বারে (earthing bus-bar) লইয়া যাওয়া হয়। পরে অগ্নাজ্ঞ যন্ত্রপাতি আর্থ করিবার জন্য যখন আর্থের তারকে একস্থান হইতে অন্য স্থানে লইয়া যাওয়া হয়, তখনও তাহা এমনভাবে ঢাকিয়া রাখিতে হয় যাহাতে ঐ তাবে বাহির হইতে কোন রকম আঘাত লাগিতে না পাবে।

ডি. সি. মেসিনের আর্থিং নানাভাবে করা চলে। কাজের সুবিধা আর খরচের কথা বিবেচনা করিয়া ভিন্ন ভিন্ন জায়গায় ভিন্ন ভিন্ন ব্যবস্থা অবলম্বন করা হইয়া থাকে। কোথায়ও মেসিনের নিকটেই দুইটি গর্ত খুঁড়িয়া (গর্ত দুইটির মধ্যে দূরত্ব কমপক্ষে পাঁচ মিটার হওয়া চাই) আলাদা আলাদা দুইটি আর্থ করা হয়, এবং মেসিনের কাঠামোকে ঐ দুই আর্থের সঙ্গে সংযুক্ত করা হয়; পরে অগ্নাজ্ঞ যন্ত্রপাতির ভূমি-সংযোগের জন্য মেসিন হইতে চুইগাছা আর্থের তাব বা তার কবিতা মিটার বোর্ড কিংবা বাস-বার চেম্বার (bus-bar chamber) পর্যন্ত লইয়া যাওয়া হয়। কোথায়ও আবার একটি আর্থিং মেসিনের নিকটে, আর অন্যটি স্লইচ বোর্ড, মিটার বোর্ড অথবা বাস-বার চেম্বারের নিকটে করা থাকে। সেক্ষেত্রে আর্থের একগাছা তার মেসিন হইতে মিটার বোর্ডের দিকে, আর অন্য একগাছা তার মিটার বোর্ড হইতে মেসিনের দিকে যায়। অনেক সময় আবার মিটার বোর্ডের নিকটেই দুইটি আর্থিং করা হয়। তখন আর্থের দুইগাছা তার মিটার বোর্ড হইতে লাইনের সঙ্গে সঙ্গে অগ্রসর হইয়া অগ্নাজ্ঞ যন্ত্রপাতিতে ভূমি-সংযুক্ত করে এবং সবশেষে মেসিনের কাঠামোর সহিত আসিয়া সংযুক্ত হয়। যেখানে বহু যন্ত্রপাতি আর মেসিন অনেকখানি জায়গা জুড়িয়া অবস্থান করে, সেখানে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই একটি আর্থিং বাস-বার ব্যবহার করা হয়। এই বাস-বার স্লইচ বোর্ডে, কিংবা দেওয়ালের গায়ে, কিংবা অন্য কোন সুবিধামত জায়গায় অবস্থিত থাকে, আর উহার দুই প্রান্ত দুইটি সম্পূর্ণ আলাদা পরিবাহীর দ্বারা দুইটি আলাদা আর্থিং পাইপের সহিত সংযুক্ত থাকে। আর্থিং বাস-বার হইতে তড়িৎ-চাপ অল্পসারী তখন একগাছা অথবা দুইগাছা আর্থের তার আলাদা আলাদা ভাবে প্রত্যেক মেসিন আর যন্ত্রপাতির নিকট লাইনের সঙ্গে সঙ্গে লইয়া যাওয়া হয়।

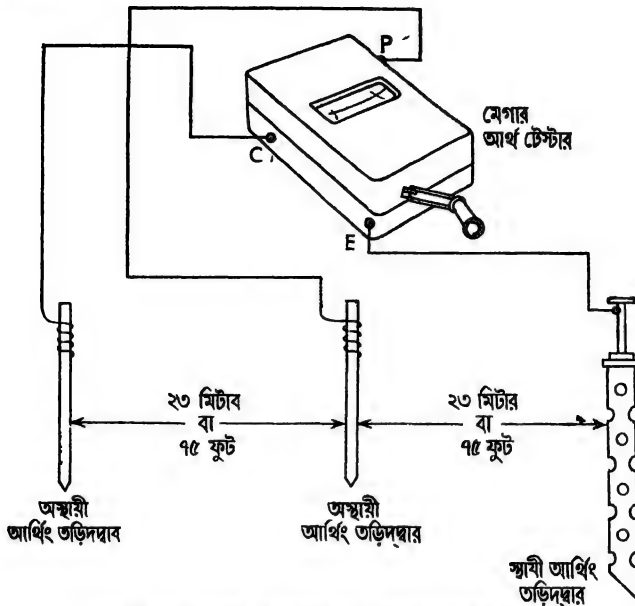
ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৩২নং নিয়মে বলা হইয়াছে, যেখানে মাঝারি তড়িৎ-চাপের সরবরাহ প্রণালী ব্যবহৃত হয়, সেখানে ভূমি-সংযোগরক্ষাকারী পরিবাহী এবং ঐ প্রণালীর যে-কোন অংশের পরিবাহীর মধ্যকার তড়িৎ-চাপ, সাধারণ অবস্থায়, নিম্ন তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা বেশী হইবে না। আবার ভারতীয় মানক সংহার ৮.১.৫ আই এস : ৭৩২-১৯৬৩ নং নির্দেশ অনুসারে ধাতু নিমিত্ত কভুইট পাইপ এবং কেবল-এর ধাতু নিমিত্ত বহিরাবরণসহ ভূমি-সংযোগরক্ষাকারী পরিবাহীর বৈদ্যুতিক ধারাবাহিকতা (electrical continuity) সকল ক্ষেত্রেই পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইবে, এবং কোন সংযুক্ত রেজিস্ট্যান্স কিংবা ‘আর্থ লীকেজ সার্কিট-ব্রেকার’ (earth leakage circuit-breaker) বাদে আর্থের তারসহ উহার বৈদ্যুতিক রোধ আর্থের তড়িদ্দ্বারের সহিত সংযোগ-বিন্দু হইতে ভূমি-সংযোগরক্ষাকারী পরিবাহীর যে-কোন বিন্দু পর্যন্ত মাপিলে সমগ্র সংস্থাপনের মধ্যে তাহা এক ওমের বেশী হইবে না।

সংস্থাপনের আর্থিংয়ের কাজ শেষ হওয়ার পরে ঐ আর্থিংয়ের রেজিস্ট্যান্স কত তাহা “মেগার আর্থ টেস্টার” (Megger Earth Tester) অথবা “মেগ আর্থ টেস্টার” (Meg Earth Tester)-এর সাহায্যে পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হয়। পরীক্ষা কিভাবে করিতে হয় তাহা ১৭৫ (খ) নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

মেগার আর্থ টেস্টারের তিনটি প্রান্ত থাকে, আর এই তিনটি প্রান্ত যথাক্রমে E, P ও C-দ্বারা চিহ্নিত থাকে। কোন কোন যন্ত্রে আবার ‘E’-এর পরিবর্তে ‘Earth’ কথাটি ব্যবহার করিতে দেখা যায়। যে আর্থিং তড়িদ্দ্বারের রেজিস্ট্যান্স মাপিতে হইবে তাহার সহিত, অথবা ঐ তড়িদ্দ্বারের সঙ্গে সংযুক্ত করিয়া যে পরিবাহীকে গত হইতে মাটির উপরে আনা হইয়াছে তাহার সহিত, প্রথমে আর্থ টেস্টারের E-প্রান্তটি (earth terminal) একটি অন্তরিত পরিবাহীর সাহায্যে সংযুক্ত করিতে হইবে। পরে আর্থিংয়ের তড়িদ্দ্বার হইতে প্রায় ২৩ মিটার (৭৫ ফুট) দূরে একটি এবং প্রায় ৪৬ মিটার (১৫০ ফুট) দূরে আর একটি তড়িদ্দ্বার সাময়িকভাবে মাটিতে পুঁতিয়া দিয়া প্রথমটির সহিত টেস্টারের P-প্রান্ত (potential coil terminal) আর দ্বিতীয়টির সহিত C-প্রান্ত (current coil terminal) আরও দুইটি অন্তরিত পরিবাহীর দ্বারা সংযুক্ত করিয়া দিতে হইবে। এই দুইটি অস্থায়ী তড়িদ্দ্বার মাটিতে দুই-তিন ফুট পুঁতিয়া দিলেই কাজ চলিবে। এইবার টেস্টারের হাতল ঘুরাইলে উহার কাঁটা (pointer) ডায়ালের উপর যে সংখ্যা নির্দেশ করিবে, তাহাই আর্থিংয়ের রেজিস্ট্যান্স হইবে। মেগার আর্থ টেস্টারের নির্দেশ হইতে সংস্থাপনের আর্থিংয়ের রেজিস্ট্যান্স কত ওম তাহা সরাসরি জানা যায়।

কোন কোন টেস্টারে তিনটির পরিবর্তে চারিটি প্রান্ত দেওয়া থাকে, এবং এই চারিটি প্রান্ত যথাক্রমে P_1 , P_2 আর C_1 , C_2 -দ্বারা চিহ্নিত থাকে। তখন P_1 আর C_1 প্রান্ত দুইটি একত্রিত হইয়া আর্থিং তড়িদ্দ্বারের সহিত অন্তরিত তারের সাহায্যে যুক্ত হয়, অর্থাৎ এই দুইটি প্রান্ত তখন একত্রে E-প্রান্তের জায় কাজ করে, আর P_2 -প্রান্ত ২৩ মিটার দূরে অবস্থিত এবং C_2 -প্রান্ত ৪৬ মিটার দূরে অবস্থিত অস্থায়ী

তড়িদ্বারের সহিত অন্তরিত পরিবাহীর দ্বারা যুক্ত হইয়া যথাক্রমে P ও C প্রান্ত দুইটির জায় কাজ করে।



মেগার আর্থ টেস্টারের সাহায্যে আর্থিংয়ের রেজিস্ট্যান্স নির্ণয়
১৭৫(খ)নং চিত্র

জনবহুল নগরীতে আর্থিং পরীক্ষার জন্য যেখানে মাটিতে অস্থায়ী তড়িদ্বার পুঁতিবার মত জায়গা পাওয়া না যায়, সেখানে P আর C (অথবা P_2 আর C_2) প্রান্ত দুইটি একত্রে সংযুক্ত করিয়া একটি অন্তরিত তারের সাহায্যে জলের পাইপ অথবা অন্য কোন আর্থের তারের সহিত সংযুক্ত করিতে হয়। পরে টেস্টারের হাতল ঘুরাইতে আরম্ভ করিলেই ডায়ালের উপর যন্ত্রের কাঁটা আর্থ রেজিস্ট্যান্স নির্দেশ করে। জলের পাইপ কিংবা অন্য কোন আর্থের তারের ভূমি-সংযোগ ব্যবস্থা পরীক্ষাধীন তড়িদ্বার হইতে যত বেশী দূরে থাকে ততই ভাল, কারণ একের রেজিস্ট্যান্সের ক্ষেত্রের মধ্যে যদি অন্যের রেজিস্ট্যান্সের ক্ষেত্র অবস্থিত থাকে, তবে মিটারের নির্দেশ হইতে আর্থিংয়ের প্রকৃত রেজিস্ট্যান্স পাওয়া যায় না।

পরীক্ষার দ্বারা যদি দেখা যায় সংস্থাপনের আর্থ-রেজিস্ট্যান্স নির্দিষ্ট পরিমাণ অপেক্ষা বেশী আছে, তবে তাহা কমাইবার জন্য মাটির ভিতর গর্ত আরও বেশী গভীর করিয়া খুঁড়িতে হয় এবং সেই সঙ্গে তড়িদ্বারের দৈর্ঘ্যও বৃদ্ধি করিতে হয়। ইহাতে ভিজা বা স্যাঁতসৈঁতে মাটির সহিত তড়িদ্বারের সংযোগ বৃদ্ধি পায় বলিয়া আর্থের রেজিস্ট্যান্স কম হয়। অনেক সময় একই গর্তের মধ্যে একাধিক তড়িদ্বার বসাইয়া তাহাদের একটিকে অন্যটির সহিত প্যার্যাললে সংযুক্ত করিয়া দিলেও আর্থের রেজিস্ট্যান্স উল্লেখযোগ্য পরিমাণে হ্রাস পায়।

৮-৩। ডি. সি. মেশিনের যত্ন লওয়া (Care of D. C. Machines)

ডি. সি. মেশিন চালু অবস্থায় থাকিলে মাঝে মাঝেই তাহাকে পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হয়। মেশিনে যদি সামান্য কোন দোষ-ত্রুটি দেখা দেয়, তবে প্রথম দিকে ধরা পড়িলে তাহা খুব অল্প সময়ে আর কম খরচে সারানো যায়। কিন্তু সামান্য অবস্থায় মেরামত না করিয়া ঐ দোষকে বাড়িতে দিলে তাহা মেশিনের পক্ষে অতিশয় ক্ষতিকারক হইয়া ওঠে। তখন মেশিনকে দীর্ঘদিন বন্ধ করিয়া রাখা ভিন্ন অন্য কোন উপায় থাকে না, আর ইহাতে মেরামতের খরচও খুব বেশী পড়ে। সাধারণতঃ মেশিনে কোন দোষ দেখা দিলে প্রথমেই কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া আরম্ভ হয়। তাই বেয়ারিংয়ে তেল দেওয়া আর মেশিনের বিভিন্ন অংশ পরিষ্কার করার সঙ্গে সঙ্গে কম্যুটেটারের দিকে বিশেষভাবে লক্ষ্য রাখা দরকার।

(১) যদি কম্যুটেটারের উপবিভাগ গোলাকৃতি না থাকিয়া চেপটা (flat) হইয়া যায়, তবে উহাকে সিরিশ-কাগজ দিয়া অনববত ঘষা উচিত নহে। শেক্কেজে আর্মেচারকে লেদ মেশিনের উপর তুলিয়া দিয়া কম্যুটেটারের উপবিভাগ 'টার্ণ' করিয়া লইলে ভাল ফল পাওয়া যায়।

(২) অল্পপয়ুজ আব খাবাপ ত্রাশ ব্যবহার করিলে মেশিনে আগুন দেয়। তখন নির্মাতার (maker) পরামর্শ অনুযায়ী ত্রাশকে বদলাইয়া দিতে হয়। ত্রাশের কারবন নরম হইবে কি শক্ত হইবে, তাহাও নির্মাতার নিকট হইতে জানিয়া লওয়া দরকার।

(৩) যদি কম্যুটেটার-সেগ্‌মেন্টের মধ্যে সট-সারকিট দেখা দেয়, কিংবা আর্মেচার-কয়েলের প্রান্তভাগ ভাঙ্গিয়া যায় অথবা সেগ্‌মেন্টের সহিত উহার ঝালাই খুলিয়া যায়, তবে সঙ্গে সঙ্গে তাহা মেরামত করা উচিত।

(৪) ত্রাশের রকার ঠিক অবস্থানে না থাকিলে উহাকে আগাইয়া অথবা পিছাইয়া দিয়া দেখিতে হয় কোন অবস্থায় কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া বন্ধ থাকে।

(৫) এক টুকরা পরিষ্কার কাপড় প্যারাফিনে ডুবাইয়া তাহার সাহায্যে কম্যুটেটারের উপবিভাগ মাঝে মাঝে পরিষ্কার করিয়া দিতে হয়। অনেক সময় মোম জাতীয় কোন পিচ্ছিলকারক পদার্থ (lubricant) কম্যুটেটারের উপরে ব্যবহার করিলে আগুন দেওয়া অথবা কিচমিচ শব্দ করা (chattering) বন্ধ থাকে।

(৬) ত্রাশ যদি কম্যুটেটারের উপরে খুব জোরে চাপিয়া বসে, তবে কম্যুটেটার গরম হইয়া ওঠে, আর ত্রাশও তাড়াতাড়ি ক্ষয় পায়। আবার এই চাপ যদি খুব কম থাকে, তবে কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া শুরু হয়। প্রত্যেক ত্রাশে এক কিলোগ্রামের মত চাপ থাকিলেই যথেষ্ট। কম্যুটেটারের উপর হইতে ত্রাশকে তুলিয়া লইবার সময় বত জোরে টান দিতে হয়, তাহা একটি স্প্রিংয়ের কাটা (spring-balance) দিয়া মাপিলে চাপ কতটা আছে জানা যায়।

(৭) যে নমনীয় তারের সাহায্যে ত্রাশগুলি ত্রাশ-হোল্ডারের সঙ্গে বাঁধা থাকে, তাহা হইবে সর্বদা খুব ভাল অবস্থায় রাখা দরকার।

(৮) কমুটেটোরের দুই দুই সেগ্‌মেন্টের মধ্যে যে অভ্রের অন্তরণ দেওয়া থাকে, তাহার উপরিভাগ খুব সূক্ষ্ম দাঁতওয়ালা করাতের সাহায্যে কাটিয়া সেগ্‌মেন্টের উচ্চতা অপেক্ষা অন্তরণের উচ্চতা প্রায় ১/৬ ইঞ্চি কম রাখিলে অনেক সময় কমুটেটোরে যে স্থায়ীভাবে আগুন দেখা দেয়, তাহাও বন্ধ হইয়া যায়।

(৯) ডি. সি. জেনারেটোরের ক্ষেত্রে আর্মেচারে যদি তড়িৎ-চাপ উৎপন্ন না হয়, তবে ফীল্ডের সংযোগ কোথায়ও খুলিয়া গিয়াছে কিংবা উন্টা হইয়া গিয়াছে কিনা তাহা পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হয়। সংযোগের কোথায়ও কোন দোষ পাওয়া গেলে সঙ্গে সঙ্গে তাহা ঠিক করিয়া দেওয়া উচিত।

৮-৪। ডি সি. মোটরের অবলম্বন (Mounting of D. C. Motors)

প্রত্যেক ডি. সি. মোটরের সহিত প্রয়োজন অনুসারে একটি ধাতু নির্মিত পাত অথবা দুই টুকরা লোহাব বেল সবববাহ কবা হয়। ধাতু নির্মিত পাতের উপর বসাইলে মোটর এক জায়গায় স্থদৃঢ় ভাবে আঁটা থাকে, আর রেলের উপর বসানো থাকিলে মোটরকে দরকারমত সামনে বা পিছনে সরানো যায়। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই মোটর ঘরের মেঝে অথবা অল্প কোন সমতল ভূমির উপর বসানো থাকে। মোটর যদি জালি-পর্দাব আবরণযুক্ত (screen-protected) কিংবা জলকণা-প্রতিরোধক আবরণযুক্ত (drip-proof) হয়, তবে ধাতুর পাতের উপর বসাইবার সময় উহার কাঠামোর নীচের অংশ আর পাতের মধ্যে হাওয়া চলাচলের জন্য যথেষ্ট ফাঁক থাকা আবশ্যক। নিম্ন অনুসারে এই ফাঁক প্রায় ২'৫ হইতে ৩ সেন্টিমিটার পর্যন্ত রাখা থাকে।

যেখানে খুব লম্বা বেল্টের সাহায্যে লোডকে ঘুবাইতে হয়, সেখানে অনেক সময় অতিরিক্ত শাফ্ট (counter shafts) ব্যবহার করার পরিবর্তে মোটরকেই দেওয়ালের গায়ে অথবা ভিতর দিকের ছাদে বসানো হয়। এই সকল ক্ষেত্রে পুলির (pulley) গায়ে বেল্ট পরানো অথবা পুলি হইতে বেল্ট খুলিয়া লওয়ার কাজ বাহাতে সহজে করা যায় সেইজন্য মোটর অবশ্যই রেলের উপর বসানো থাকিবে। যখন মোটরকে কোন দেওয়ালের গায়ে কিংবা অল্প কোন খাড়া জমির উপর বসাইবার প্রয়োজন দেখা দেয়, তখন মোটরের শাফ্ট অনুভূমিক অবস্থায় থাকে বলিয়া, আর বেল্টের টান কম-বেশী করিবার জন্য মেশিনকে আগাইয়া অথবা পিছাইয়া দিতে হয় বলিয়া, মোটরের জন্য প্রচলিত বেলের পরিবর্তে অতিরিক্ত ভারী ধরনের রেল ব্যবহার করা উচিত। প্রচলিত রেলের উপর একটি মোটরকে কখনই উন্টা করিয়া বসানো উচিত নহে।

(১) দেওয়ালের গায়ে মোটর বসানো (Wall Mounting of Motors)

যখন কোন মোটরকে দেওয়ালের গায়ে খাড়াভাবে বসাইতে হয়, তখন লোহার বল্টস্ (bolts) সাহায্যে ধাতুর পাত বা রেলগুলি দেওয়ালের গায়ে আটকানো

থাকে। বন্টুগুলির দৈর্ঘ্য এত বেশী হওয়া চাই যাহাতে দেওয়ালের মধ্য দিয়া তাহার একদিক হইতে অন্তরিক পর্বন্ত বিস্তৃত থাকে। দেওয়ালের একদিকে মোটরের পায়া আর ধাতুর পাত অথবা রেলের মধ্যে অনেকগুলি করিয়া লোহার চাকতি বা ওয়াশার (washers) দিতে হয়, আর অন্তরিক প্রায় ৬৫ মিলিমিটার মোটা একটি বেশ বড় আকারের লোহার পাত দেওয়ালের গায়ে লাগাইয়া 'নাট' (nuts)-এর সাহায্যে দৃঢ়ভাবে আটকাইয়া দিতে হয়। ইহাতে মোটর দেওয়ালের গায়ে খুব ভালভাবে আঁটা থাকে, আর চলিবার সময় মোটরের কাঠামোতে বেশী কম্পন দেখা দেয় না। যেখানে দেওয়ালের একদিকে রেল বদানো থাকে, সেখানে উন্টাদিকে লোহার পাতের পরিবর্তে যদি রেলের সহিত সমান্তরালভাবে ইস্পাতের 'চ্যানেল' (channel) ব্যবহার করা হয়, তবে রেল আরও বেশী স্ফুটভাবে দেওয়ালের গায়ে আবদ্ধ থাকিতে পারে। অনেক সময় দেওয়াল হইতে উদ্গত অবলম্বন হিসাবে 'ব্র্যাকেট' (bracket) বদাইয়া তাহার উপরে মোটরের জন্ত ধাতুর পাত অথবা রেল আবদ্ধ করা হয়। ধাতুর পাত বা রেলের মত একই উপায়ে ব্র্যাকেটও তখন দেওয়ালের গায়ে আটকানো থাকে, তবে উহার উপরিভাগ যাহাতে ঠিকমত অহুভূমিক অবস্থায় (horizontal) থাকে, সেইদিকে লক্ষ্য রাখা দরকার।

(২) ভিতর দিকের ছাদে মোটর বসানো (Ceiling Mounting of Motors)

এইরূপ অবস্থায় সাধারণতঃ দুইটি ইস্পাতের চ্যানেল হইতে মোটর ঝুলানো অবস্থায় থাকে। চ্যানেলের আয়তন এমন হওয়া চাই যাহাতে মোটরের ওজন আর গতিবেগের ধাক্কা সহ্য করিবার পক্ষে তাহা বেশ মজবুত হয়। ছাদের নীচে লোহার যে কড়িকাঠ থাকে, তাহার সঙ্গে চ্যানেল দুইটি ঠিকমত অবস্থানে বন্টুর সাহায্যে আটকানো থাকে, আর চ্যানেলের মধ্যে ড্রিলের সাহায্যে ছিদ্র করিয়া নাট আর বন্টুব সাহায্যে মোটরের জন্ত ধাতু নির্মিত পাত অথবা লোহার রেল আবদ্ধ করা হয়। ঐ ধাতু পাত বা রেলের উপরে উন্টাভাবে আঁটা থাকিয়া মোটর লোডকে পরিচালনা করে। মোটরের বেয়ারিংয়ে যদি ঠিকমত তেল দেওয়া হয়, তবে এই অবস্থায় মোটরকে চালু রাখিতে কোনই অসুবিধা দেখা দেয় না। মোটর উন্টাভাবে অবস্থান করে বলিয়া বেয়ারিংয়েব জন্ত অবশ্য বিশেষ ধরনের তেল বা চর্বি জাতীয় (grease type) কোন জিনিস ব্যবহার করিতে হয়।

(৩) মোটরের কনক্রীট নির্মিত ভিত্তি (Concrete Foundations of Motors)

লোডের সহিত মোটর যদি দাঁতওয়ালা চাকা বা 'গিয়ার' (gear) দ্বারা সংযুক্ত থাকে, তবে ঐ মোটর কঠিন ভিত্তির উপর স্থাপিত হওয়া উচিত। মোটরের ওজন আর লোড পরিচালনার জন্ত যে চাপ সৃষ্টি হয়, তাহার পক্ষে উপযুক্ত করিয়া কনক্রীটের ভিত্তি তৈরী করিতে হয়। কনক্রীট ঢালাই করিবার সময় যদি কোন আলগা পাথর-

কুচি থাকিয়া যায়, তবে তাহা সরাইয়া ফেলিতে হইবে। অনেক সময় ঘরের মেঝের সঙ্গে একই সমতলে ভিত করিবার জন্য মাটিতে গর্ত খুঁড়িয়া কনক্রীট ঢালাই করা হয়, আর ঢালাইয়ের আগে বড় বড় পাথরের টুকরা চুরম্বা করিয়া এমনভাবে বসাইয়া দেওয়া হয় যাহাতে গর্তের নীচের অংশে মাটি বেশ শক্ত হইয়া ওঠে। ভিতের সঠিক স্থান অল্পসারে প্রথমে একটি কাঠের বাস্ক তৈরী করিয়া তাহা ঢালাইয়ের জায়গায় বসাইতে হয়, পরে ঐ বাস্কের মধ্যে কনক্রীটের মসলা ঢালিয়া দিতে হয়। ভিজা মসলা যাহাতে চারিদিকে ছড়াইয়া পড়িতে না পারে, সেইজন্যই এইরূপ ব্যবস্থা করা দরকার। ঢালাইয়ের উপরিভাগ যাহাতে ঠিক সমতল অবস্থায় থাকে, সেইদিকে অবশ্যই লক্ষ্য রাখিতে হইবে। মোটরের ধাতু নির্মিত পাত অথবা লোহার রেল আবদ্ধ করিবার জন্য ভিতের যেখানে যেখানে বন্টু বসানো প্রয়োজন, ঢালাইয়ের সময় সেখানে সেখানে বন্টু অপেক্ষা আয়তনে কিছুটা বড় কাঠের গৌজ বসাইয়া দিতে হয়। পরে কনক্রীট শুকাইয়া গেলে কাঠের বাস্ক আর গৌজ তুলিয়া লইলেই বন্টুর সাহায্যে ধাতুর পাত অথবা রেল বসানোর কাজ শুরু করা যায়।

কনক্রীটের মসলাতে একভাগ সিমেন্ট, দুইভাগ বালি আর তিন ভাগ পাথরকুচি থাকে। সিমেন্ট খুব ভাল জাতের আর সত্ত্ব তৈরী, বালি খুব পরিষ্কার আর ধারাল এবং পাথরকুচি অনধিক ঠু ইঞ্চি আকারের হওয়া চাই। জল ঢালিবার আগে মসলায় এই তিনটি উপাদান উলটপালট করিয়া খুব ভালভাবে মিশাইয়া লইতে হয়, পরে জল ঢালিয়া দিয়া আবার তাহা উলটপালট করিতে হয়। জলের পরিমাণ এমন হইবে যাহাতে মসলা খুব সহজে বাস্কের মধ্যে ঢালা যায়; কিন্তু বেশী জল পড়িলে তাহা আবার থকথকে হইয়া ওঠে। বাস্কের মধ্যে মসলা ঢালা আর তাহা চুরম্বা করার কাজ একই সঙ্গে চলিতে থাকে। একেবারে মুখের কাছে খুব মন্থন একটি কাঠের পাটার সাহায্যে ঢালাইয়েব উপরিভাগ যতদূর সম্ভব সমতল করিয়া দিতে হয়। মসলা ঢালাইয়ের পর বাস্ক আর ঢালাইয়ের মধ্যে পাতলা একস্তর সিমেন্ট দেওয়া থাকে। সংশেষে বাস্ক খুলিয়া লওয়ার পরে কনিকের সাহায্যে ভিতের গায়ে সিমেন্ট লাগাইয়া তাহা পুরাপুরি পালিশ করিয়া দেওয়া হয়।

কনক্রীটের ভিত শক্ত হইয়া উঠিতে প্রায় দুই সপ্তাহ সময় লাগে। এই সময়ের পরে কাঠের বাস্কটি ভাঙিয়া ফেলা হয়, আর একই সঙ্গে কাঠের গৌজগুলিও তুলিয়া লওয়া হয়। মোটর যে ধাতুর পাত বা 'বেড প্লেট' (bed plate)-এর উপর অবস্থান করে, তাহা যাহাতে সরাসরি ভিতের উপরে না বসে সেইজন্য উভয়ের মধ্যে কয়েকটি লোহার পাত 'প্যাংকিং' হিসাবে দেওয়া থাকে। প্যাংকিং এমনভাবে দেওয়া হয় যাহাতে ভিতের উপরিভাগ হইতে ধাতুর পাত প্রায় ৬-৫ মিলিমিটার উপরে থাকিতে পারে। কপিকলের সাহায্যে বা অন্য কোন উপায়ে যখন মোটর সহ কিংবা মোটর ছাড়াই বেড প্লেটকে ভিতের উপর বসানো হয়, তখন প্রয়োজনমত আরও কিছু প্যাংকিং চারিপাশে গুঁজিয়া দিয়া ঐ প্লেটকে ঠিক সমতলে আর সঠিক অবস্থানে রাখা হয়। পরে ভিতের যে-সকল জায়গা হইতে কাঠের গৌজ তুলিয়া লওয়া

হইয়াছে, সেই সকল স্থানে বেড প্লেটের গর্তের মধ্য দিয়া বন্টুগুলি (holding-down bolts) একে একে বসাইয়া দেওয়া হয়। এই অবস্থায় বন্টুগুলি প্লেট হইতে ভিতের গর্তের মধ্যে ঝুলিতে থাকে। তখন প্লেটের চারিদিকে ভিতের উপর কাঁদাটিয়া দেওয়াল তুলিয়া দিয়া তাহার মধ্যে সিমেন্টগোলা ঢালিয়া দিলে গর্তগুলি তাহাতে ভরিয়া ওঠে, আর বন্টুগুলির সহিত বেড প্লেট ভিতের গায়ে আটকাইয়া যায়। ধাতুর পাত আর বন্টু সাহায্যে ভিতের সঙ্গে সূদৃঢ় ভাবে আঁটা থাকে, সেই বিষয়ে নিশ্চিত হওয়ার জন্য কিছু পরিমাণ সিমেন্ট কনিকের সাহায্যে তাহাদের গায়ে লাগাইয়া দেওয়া হয়। সিমেন্ট শুকাইয়া যাওয়ার পরে বন্টুগুলির উপবেশ দিকের প্যাচকাটা অংশের সহিত মোটরের পায়। নাট-এর সাহায্যে খুব শক্ত করিয়া আটকাইয়া দিলেই মোটর বেড প্লেটের সহিত দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ হইয়া যায়।

৮-৫। ডি সি. মোটরের ওয়্যারিং (Wiring of D. C. Motors)

মোটরের আকার যদি খুব ছোট হয়, আর লাইনেব তড়িৎ-চাপ যদি ২৫০ ভোল্ট বা তাহা অপেক্ষা কম থাকে, তবে সাধারণ বাতি বা পাখার ওয়্যারিংয়েব স্তায় কার্টের ব্যাটেনের উপর সি. টি. এস. কিংবা পি. ডি সি. তার টানিয়া দিয়াই মোটরের ওয়্যারিং করা চলে। কিন্তু মোটর বেশী অর্থ-শক্তি ক্ষমতাসম্পন্ন হইলে, বিশেষতঃ যদি তাহা মাঝারি চাপের উপযুক্ত হয় তবে, ৬৫০ ১১০০ ভোল্ট গ্রেডের ডি. আই. আর. অথবা পি. ডি. সি. তার ভারি গেজের (heavy gauge) কণ্ডুইট পাইপ অথবা কোন শক্ত (rigid) পি. ডি. সি. পাইপের মধ্য দিয়া টানিয়া মোটরের ওয়্যারিং সম্পূর্ণ করিতে হইবে। অবশ্য এই সকল ক্ষেত্রে পাইপের মধ্যে তার টানিয়া ওয়্যারিং করার পরিবর্তে ‘ট্রোপোডুর’ (tropodure), ‘পেপার ইনসুলেটেড’ (paper insulated) প্রভৃতি কেবলের সাহায্যেও মোটরে বিদ্যুৎ সরবরাহ দেওয়া যায়, তবে খরচ অপেক্ষাকৃত বেশী পড়ে বলিয়া কারেন্টের পরিমাণ খুব বেশী না হইলে মাঝারি চাপের ওয়্যারিং করিতে সরাসরি কেবল ব্যবহার করা হয় না। যে তার অথবা কেবল দিয়া মোটরের ওয়্যারিং করিতে হইবে, তাহা ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ (specification) অনুযায়ী তৈরী হওয়া চাই। ডি. আই. আর. তার আই এস : ৪০৪-১৯৬৪ নং, পি. ডি. সি. তার আই এস : ৬৯৪-১৯৬৪ নং, বেশী কারেন্ট বহনের পক্ষে উপযোগী পি. ডি. সি. কেবল (অর্থাৎ ট্রোপোডুর কেবল ইত্যাদি) আই এস : ১৫৫৪-১৯৬৩ নং আর আই এস : ১৫৯৬-১৯৬২ নং এবং পেপার ইনসুলেটেড কেবল আই এস : ৬৯২-১৯৬৫ নং নির্দেশ অনুযায়ী নির্মিত হইয়াছে কিনা, ব্যবহারের আগে তাহা পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইবে।

যে সংস্থাপনে একাধিক মোটরের জন্ত, কিংবা মোটরের সহিত বাতি ও পাখার জন্ত ওয়্যারিং করা হয়, সেখানে বিটার এবং মেন সুইচের পরে বান-বার চেম্বার (bus-bar chamber) অথবা ডিস্ট্রিবিউশন বোর্ড (distribution board) ব্যবহার করিতে হয়। সরবরাহ লাইন মেন সুইচ হইতে বাহির হইয়া প্রথমে

বাস-বার চেম্বারে যায়, পরে সেখানে বিভিন্ন বর্তনীতে ভাগ হইয়া আলাদা আলাদা সুইচের মধ্য দিয়া ভিন্ন ভিন্ন মোটরে কিংবা মোটর আর বাতি ও পাখার সার্কিটে যায়। কিন্তু যদি কোন সংস্থাপনে কেবলমাত্র একটি মোটর থাকে, তবে সরবরাহকারীর মিটার হইতে একটিমাত্র সার্কিট বাহির হইয়া মেন সুইচ এবং স্টার্টারের মধ্য দিয়া তাহা মোটরের টার্মিনাল-বাক্স আসিয়া সংযুক্ত হয়। সরবরাহ লাইনে কত তড়িৎ চাপ আছে, আর মোটর কত লোডে কি পরিমাণ কারেন্ট লইতেছে, তাহা মাপিবার জন্য অনেক সময় মোটরের সার্কিটে ভোল্টমিটার এবং অ্যামিটার ব্যবহার করা হইয়া থাকে। সংস্থাপনে একটিমাত্র মোটর থাকিলে প্রধান মিটার বোর্ডে এই ভোল্টমিটার আর অ্যামিটার সংযুক্ত করা যায়, কিন্তু একাধিক মোটরের ক্ষেত্রে প্রত্যেক মোটরের জন্য আলাদা আলাদা মিটার ব্যবহার করিবার সময় তাহা মেশিনের নিকটে স্টার্টারের সহিত একই বোর্ডে সংযুক্ত করা উচিত।

মোটরের ওয়্যারিং করিবার সময় নিম্নলিখিত বৈদ্যুতিক আইনসমূহ মানিয়া চলিতে হইবে :—

(১) কোন মোটর যদি মিটার বোর্ড কিংবা বাস-বার চেম্বার হইতে কিছুটা দূরে অবস্থিত থাকে, তবে মিটার বোর্ড কিংবা বাস-বার চেম্বারের উপরেই মোটরের সরবরাহ লাইনে ফিউজ-তার সহ একটি উপযুক্ত আকারের সুইচ অথবা সার্কিট ব্রেকার বসাইতে হইবে, আর প্রয়োজন হইলে যাহাতে খুব সহজেই মোটরকে সরবরাহ লাইন হইতে বিচ্ছিন্ন করা যায় সেইজন্য মোটরের খুব নিকটে (সাধারণতঃ পাঁচ-ছয় ফুটের মধ্যে) আর একটি সুইচ অথবা সার্কিট ব্রেকার অথবা অন্য কোন লিঙ্ক-সুইচ ব্যবহার করিতে হইবে।

ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৫০(গ) নং নিয়মে বলা হইয়াছে, প্রতিটি স্বতন্ত্র সার্কিটকে একটি উপযুক্ত কাট আউট (cut-out) কিংবা একটি পর্যাপ্ত ক্ষমতার সার্কিট ব্রেকার দ্বারা অতিরিক্ত বৈদ্যুতিক শক্তি হইতে বক্ষা করিতে হইবে; ঐ কাট-আউট অথবা সার্কিট ব্রেকার এমনভাবে বৈদ্যুতিক এবং স্থাপন করিতে হইবে যাহাতে তাহা চালু হওয়ার পরে যেন অতিরিক্ত উত্তাপ, বৈদ্যুতিক ‘আর্কিং’, অথবা উত্তপ্ত ধাতুর ইত্যন্তঃ নিক্ষেপণের বিপদ রোধ করিতে পারে এবং নিরাপদে কাট-আউটের দ্রবণীয় ধাতু বাহাতে সহজে পুনরায় লাগানো যায়, তাহা সম্ভব করে।

আইনের ৫০(ঘ)নং নিয়মে বলা হইয়াছে, প্রতিটি মোটরে কিংবা অন্য যন্ত্রে সরবরাহ করা বিদ্যুৎ-প্রবাহ যেন উপযুক্ত লিঙ্ক-সুইচ (linked switch) অথবা প্রয়োজনীয় ক্ষমতার সার্কিট ব্রেকার দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়, আর সেই লিঙ্ক-সুইচ কিংবা সার্কিট ব্রেকার যেন মোটর অথবা অন্য যন্ত্রের কাছাকাছি এবং ভারপ্রাপ্ত ব্যক্তির নাগালের মধ্যে থাকিয়া সহজে পরিচালনযোগ্য হয়, এবং তাহা তড়িৎ-বর্তনীতে যেন এমনভাবে যুক্ত হয় যাহাতে তাহার দ্বারা মোটর কিংবা অন্য যন্ত্র হইতে এবং কোনও নিয়ন্ত্রণকারী সুইচ, রিভার্সিং অথবা তাহাদের সঙ্গে যুক্ত কোনও সাঙ্কেতিক যন্ত্র হইতে বিদ্যুৎ সরবরাহ কাটিয়া দেওয়া যায়।

(২) মাঝারি তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে ৬৫০/১১০০ ভোল্ট গ্রেন্ডের দুইগাছা ডি. আই. আর. অথবা পি. ডি. সি. তার একত্রে একই কণ্ডুইট অথবা অন্ত কোন ধাতু নির্মিত, কিংবা পি. ডি. সি. অথবা ধাতু ভিন্ন অন্ত কোন বস্তুর দ্বারা নির্মিত পাইপের মধ্য দিয়া টানিয়া মোটরের ওয়্যারিং করিতে হইবে। ধাতু ভিন্ন অন্ত কি ধরনের বস্তুর দ্বারা নির্মিত শক্ত পাইপ এই সকল ক্ষেত্রে ব্যবহার করা উচিত তাহা ভারতীয় মানক সংস্থার আই এস : ২৫০২-১৯৬৩ নং নির্দেশে বলা আছে।

মাঝারি তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৫১ (১) (ক) নং নিয়মে বলা হইয়াছে, মাথার উপরের লাইন ছাড়া সকল বিদ্যুৎ পরিবাহীকে শক্ত ধাতুর খোল অথবা ধাতব আচ্ছাদন দ্বারা পুরাপুরি মুড়িয়া দিতে হইবে; সেই খোল অথবা আচ্ছাদন বৈদ্যুতিক ও যান্ত্রিক দিক হইতে নিরবচ্ছিন্ন হইবে এবং তাহাকে যান্ত্রিক ক্ষতি হইতে যথেষ্টভাবে সংরক্ষিত করিতে হইবে—অবশ্য যদি না সেই পরিবাহীগুলি কেবলমাত্র একজন অধিকারপ্রাপ্ত ব্যক্তিরই নাগালের মধ্যে থাকে অথবা বিদ্যুৎ-পরিদর্শকের মতে বিপন্নভাবে স্থাপিত আর সংরক্ষিত হয়।

যদি ধাতু ভিন্ন অন্ত কোন বস্তুর দ্বারা নির্মিত অনমনীয় কণ্ডুইট ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ নং আই এস : ২৫০২-১৯৬৩ (বৈদ্যুতিক সংস্থাপনের জন্য ধাতু ভিন্ন অন্ত বস্তুর দ্বারা নির্মিত অনমনীয় কণ্ডুইট) অনুসারে নির্মিত হয়, তবে তাহা মাঝারি তড়িৎ-চাপের সংস্থাপনেব জন্য ব্যবহার করা চলিতে পারে; সেক্ষেত্রে বিদ্যুৎ-পরিদর্শক কিংবা তাহার সহকারীরূপে নিযুক্ত কোন কর্মচারী যে-সকল শর্ত আরোপ করিবার পক্ষে উপযুক্ত বলিয়া মনে করিবেন, তাহা মানিয়া চলিতে হইবে।

(৩) মিটার বোর্ড অথবা বাস-বার চেম্বার হইতে প্রতিটি মোটরের জন্য উপযুক্ত আয়তনের নিম্ন তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে একগাছা আর মাঝারি তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে দুইগাছা গ্যালভানাইজ করা লোহার অথবা তামার আর্থের তার কণ্ডুইট পাইপের সঙ্গে সঙ্গে আনিয়া মোটরের কাঠামোর সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে। কণ্ডুইটের উপরিভাগ দিয়া এই তার আসিবে এবং ‘আর্থ-ক্ল্যাম্প’ (earth clamp)-এর সাহায্যে পাইপের গায়ে আবদ্ধ থাকিবে। আর্থের তারের সহিত মোটরের স্লুইচ এবং স্টার্টারের বহিরাবরণও সংযুক্ত থাকিবে। তাহা ছাড়া বৈদ্যুতিক আইনের ৫১(খ)নং নিয়মে বলা হইয়াছে, যেগুলি পরিবাহী হিসাবে প্রয়োজন সেইগুলি বাদে আচ্ছাদক, অবলম্বন কিংবা সংস্থাপনের সহিত কোনও ভাবে সংশ্লিষ্ট সকল রকম ধাতব কাজকে, বিদ্যুৎ-পরিদর্শক প্রয়োজন মনে করিলে, মাটির সহিত যুক্ত করিতে হইবে।

ভূমি-সংযোগের কাজ ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন আর ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ অনুযায়ী কিভাবে সম্পন্ন হওয়া উচিত, সেই সম্বন্ধে বিস্তারিত আলোচনা ইতিপূর্বেই করা হইয়াছে।

(৪) মাঝারি তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে মোটর, স্লুইচবোর্ড এবং অন্যান্য যন্ত্রপাতির গায়ে একটি করিয়া বিপদচিহ্ন-জাপক বোর্ড (danger board) টাঙ্গাইয়া দিতে হইবে।

ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৩৫নং নিয়মে বলা হইয়াছে, প্রতিটি মাঝারি, উচ্চ এবং অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপের বৈদ্যুতিক সংস্থাপনের মালিককে প্রতিটি মোটর, জেনারেটর, ট্রান্সফরমার এবং তাহাদের নিয়ন্ত্রণ করিবার যন্ত্রপাতি সমেত অন্ত্যাত্ম বৈদ্যুতিক মেশিন ও সাজসরঞ্জামের গারে কোনও দৃষ্টি-আকর্ষক স্থানে হিন্দি এবং জেলার স্থানীয় ভাষায় বিদ্যুৎ-পরিদর্শক কর্তৃক মঞ্জুরীকৃত বিশেষ ধরনের সতর্কতার বিজ্ঞপ্তি লাগাইতে হইবে।

যেখানে জেনারেটর, মোটর, ট্রান্সফরমার বা অন্ত্যাত্ম যন্ত্রপাতি কোনও ঘেরা জায়গায় অবস্থিত, সেখানে অবরুদ্ধ জায়গাটির বেড়ার গায়ে একটি বিজ্ঞপ্তি আটকাইয়া দিলেই তাহা এই বিধানের পক্ষে যথেষ্ট বলিয়া বিবেচিত হইবে।

(৫) মোটরের স্বেচ এবং স্টার্টারকে যদি দেওয়ালের গায়ে না বসাইয়া স্বেচ-বোর্ডের উপরে বসানো হয়, তবে ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৫১ (১)(গ) নং নিয়ম অনুযায়ী মাঝারি তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে নিম্নলিখিত বিধানগুলি মানিতে হইবে—

(১০) অন্যান্য ০.২১৪ মিটার (৩ ফুট) চওড়া পরিষ্কার জায়গা স্বেচবোর্ডের সম্মুখে রাখিতে হইবে ;

(১০) স্বেচবোর্ডের পিছনে যদি খোলা সংযোগ বা সংযোজন থাকে, তবে স্বেচবোর্ডের পিছনের জায়গাটি হয় ০.২২২ মিটার (৯ ইঞ্চি) অপেক্ষা কম অথবা ০.৭৬২ মিটার (৩০ ইঞ্চি) অপেক্ষা বেশী চওড়া হইবে। চওড়া মাপিবার সময় যে-কোন সংযোজন অথবা পরিবাহীর দূরতম বহিঃস্থ হইতে মাপিতে হইবে।

(১০) যদি স্বেচবোর্ডের পিছনের জায়গা ০.৭৬২ মিটার (৩০ ইঞ্চি) অপেক্ষা বেশী চওড়া হয়, তবে স্বেচবোর্ডের দুই-প্রান্ত হইতে ঐ জায়গায় পরিষ্কার ১'৮"২২ মিটার (৬ ফুট) উচ্চতার একটি চলার পথ থাকিতে হইবে।

ওয়্যারিংয়ের কাজ সম্পূর্ণ হওয়ার পরে মোটর এবং ওয়্যারিং ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ নং ৮.১ আই এস : ৭৩২-১৯৬৩ অনুসারে পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইবে। এই পরীক্ষার কাজ কি ভাবে সম্পন্ন করিতে হইবে তাহা বর্তমান পরিচ্ছেদের প্রথম দিকেই বলা হইয়াছে। যখন পরীক্ষার যল সন্তোষজনক দেখা যাইবে, কেবলমাত্র তখনই মোটরে বিদ্যুৎ সরবরাহ দেওয়া চলিবে।

উদাহরণ ৮-১। যদি কোন কারখানায় ৪৫০-ভোল্ট ডি. সি. সরবরাহ পাওয়া যায়, তবে লাইন-শাফ্ট পরিচালনার জন্য কোন শ্রেণীর মোটর ব্যবহার করিবে? যদি ঐ শাফ্ট পরিচালনা করিতে ২০ অশ্ব-শক্তি ক্ষমতার প্রয়োজন হয়, তবে ঐরূপ একটি মোটর বসাইতে যে যে প্রকার প্রয়োজন হইবে তাহার একটি পূর্ণ তালিকা প্রস্তুত কর। মোটরটির ওয়্যারিং করিতে ৩০ ফুট লম্বা লাইন প্রয়োজন হইবে এবং লাইনে প্রায় আধ ডজন বাঁক (bends) থাকিবে। মোটরের কর্মক্ষমতা শতকরা ৮০ ভাগ ধরিয়া লও, এবং উহার ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স পরীক্ষা করিবার প্রণালী পুথানুপুথরূপে বর্ণনা কর। যদি ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স কম হয়, তবে কি করিয়া তাহার উন্নতি বিধান করিবে?

উপরি-উক্ত মোটরটির স্থাপন-কৌশলের একটি মক্কা অঙ্কন কর, এবং এই কাজে ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুযায়ী কি কি নিয়ম পালন করিতে হইবে বল।

কারখানার লাইন-শাফ্ট সাধারণতঃ একই গতিবেগে পরিচালিত হয়, আর চালু করিবার সময় শাফ্টের সঙ্গে যন্ত্রপাতির সংযোগ থাকে না বলিয়া মোটরে খুব সামান্য লোড পড়ে। তাই এই ধরনের কাজের পক্ষে ডি. সি. শাফ্ট মোটরই সর্বাপেক্ষা বেশী উপযোগী।

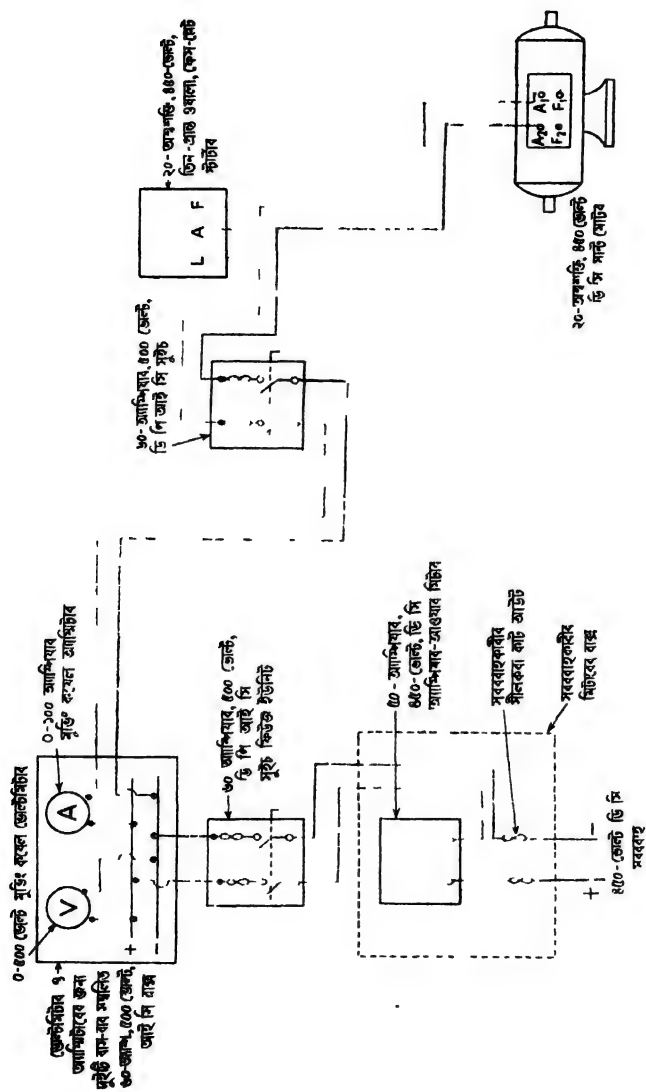
$$\begin{aligned}\text{এখানে } V &= ৪৫০ \text{ ভোল্ট,} \\ \text{মোটরের উৎপাদিত শক্তি} &= ২০ \text{ অশ্ব-শক্তি, আর} \\ \text{মোটরের কর্মক্ষমতা} &= ৮০\%। \\ \text{মোটরের আউটপুট} &= ২০ \text{ অশ্ব-শক্তি} \\ &= ২০ \times ৭৪৬ = ১৪৯২০ \text{ ওয়াট।}\end{aligned}$$

মোটরের গৃহীত শক্তি বা

$$\begin{aligned}\text{ইনপুট} &= \frac{১৪৯২০ \times ১০০}{৮০} \\ &= ১৮৬৫০ \text{ ওয়াট।} \\ V \times I_L &= ১৮৬৫০, \\ \therefore I_L &= \frac{১৮৬৫০}{V} = \frac{১৮৬৫০}{৪৫০} \\ &= ৪১.৪ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}\end{aligned}$$

যেহেতু কারখানায় একটিমাত্র মোটর স্থাপন করিতে হইবে, অতএব এই মোটর ওয়্যারিং করিবার জন্য গ্রাহকের মেন স্পইচের পরে কোন বাস-বার চেম্বার বসাইবার প্রয়োজন নাই। মিটারবোর্ড হইতে মোটর ৩০ ফুট দূরে অবস্থিত বলিয়া এখানে দুইটি স্পইচ ব্যবহার করিতে হইবে—একটি মিটারবোর্ডে মেন স্পইচ হিসাবে, আর অন্য়টি মোটরের নিকটে নিয়ন্ত্রণকারী স্পইচ হিসাবে। আবার মোটরের গতিবেগ কম-বেশী করিবার প্রয়োজন না থাকায় একটি তিন-প্রান্তগুয়লা স্টার্টারের সাহায্যেই মোটরকে চালু করা যাইতে পারে। অন্ত্যন্ত যন্ত্রপাতিসহ মোটরটি সরবরাহ লাইনে কিভাবে সংযুক্ত থাকিবে তাহা ১৭৬নং চিত্রে (connection diagram) দেখানো হইয়াছে। যদিও মোটরের জন্য সরবরাহ লাইনে একটি অ্যাম্পিয়ার-আওয়ার মিটার সংযুক্ত করা আছে, কিন্তু এক্ষেত্রে কিলোওয়াট-আওয়ার মিটারও ব্যবহার করা চলিতে পারে। তবে কিলোওয়াট-আওয়ার মিটারের দাম অনেক বেশী বলিয়া অধিকাংশ ক্ষেত্রে অ্যাম্পিয়ার-আওয়ার মিটারই ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

পুরা লোডসহ চলিবার সময় মোটর ৪১.৪ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। এই কারেন্ট বহন করিবার পক্ষে ৭/০.০৬৪" (তামার পরিবাহী) অথবা ৭/১.৭০ মিলিমিটার (অ্যালুমিনিয়ামের পরিবাহী) আয়তনের ডি. আই. আর. কিংবা পি. ডি. সি. তারই যথেষ্ট। কিন্তু পূর্বা লোডে একটি মোটর যত অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে, স্টার্টারের সাহায্যে চালু করিবার সময় সাধারণতঃ তাহা অপেক্ষা ১৬ হইতে ২ গুণ বেশী কারেন্ট লইয়া থাকে। সুতরাং ওয়্যারিংয়ের নিরাপত্তার কথা বিবেচনা করিয়া,



२१७ नं० वि०

অর্থাৎ ওয়্যারিংয়ের তার বাহাতে সহজে নষ্ট না হয় আর তারের পরিবাহীর মধ্যে তড়িৎ-চাপের ঝটকির পরিমাণও বাহাতে অপেক্ষাকৃত কম থাকে সেইজন্য এই মোটরের ওয়্যারিং করিতে ডায়ার পরিবাহীর দ্বারা নির্মিত $12/0.052"$ অথবা অ্যালুমিনিয়ামের পরিবাহীর দ্বারা নির্মিত $9/2.28$ মিলিমিটার আয়তনের ডি. আই. আর. অথবা পি. ডি. সি. তার ব্যবহার করা উচিত। অধিক উত্তাপ সৃষ্টি কিংবা ইনসুলেশনের কোন ক্ষতি না করিয়া প্রথম প্রকার তারের মধ্য দিয়া ৫৬ অ্যাম্পিয়ার আর দ্বিতীয় প্রকার তারের মধ্য দিয়া ৫৪ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট অনবরত প্রবাহিত হইতে পারে। যেহেতু লাইনের তড়িৎ-চাপ ৪৫০ ভোল্ট, অতএব ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ অনুযায়ী তারের ইনসুলেশন $450/11000$ -ভোল্ট গ্রেডের উপযোগী হইবে। যে কতটুকু পাইপের সাহায্যে ওয়্যারিং করা হইবে, তাহার মধ্য দিয়া মিটার হইতে মোটরের স্টার্টার পর্যন্ত দুইগাছা আর স্টার্টার হইতে মোটর পর্যন্ত তিনগাছা তার টানা হইবে। এই তার বাহাতে সহজে টানা যায় সেইজন্য পাইপের ব্যাস 50.8 মিলিমিটার (২ ইঞ্চি) হওয়া প্রয়োজন। পাইপ ভারী গেজের (heavy gauge), অর্থাৎ ১৪ অথবা ১৬ নং গেজের (S. W. G.), আর প্যাচ কাটা হইবে।

এখন, লোডসহ চলিবার সময় মোটর ৪১.৪ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। কিন্তু ৪১.৪ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট বহন-উপযোগী কোন সুইচ বাজারে পাওয়া যায় না; প্রচলিত সুইচের তড়িৎ-বহন ক্ষমতা সাধারণত ৩০ অ্যাম্পিয়ার অথবা ৬০ অ্যাম্পিয়ার হইয়া থাকে। ইহার মধ্যে ৩০ অ্যাম্পিয়ার বহন উপযোগী সুইচ ব্যবহার করিলে মোটর চালু করিবার এবং অনবরত চলিবার সময় সুইচের কন্ট্যাক্ট খুব বেশী গরম হইয়া পুড়িয়া যাইবার সম্ভাবনা আছে। সুতরাং আলোচ্য মোটরের জন্য লোহার আবরণ দেওয়া, দুই-পোল, ৬০-অ্যাম্পিয়ার, ৫০০-ভোল্ট (Iron Clad, Double-Pole, 60-ampere, 500-volt) গ্রেডের দুইটি সুইচ ব্যবহার করাই যুক্তিযুক্ত।

যেহেতু মোটরের ক্ষমতা ২০ অশ্ব-শক্তি, অতএব উহার সার্কিটে একটি অ্যান্টিটার এবং একটি ভোল্টমিটারও ব্যবহার করা প্রয়োজন। মিটার দুইটির আকার এমন হওয়া চাই বাহাতে অ্যান্টিটার শূন্য হইতে ১০০ অ্যাম্পিয়ার পর্যন্ত আর ভোল্টমিটার শূন্য হইতে ৫০০ ভোল্ট পর্যন্ত নির্দেশ করিতে পারে। যেন সুইচের পরে একই বোর্ডের উপর এই মিটার দুইটিও বসানো চলে।

এইবার মোটর আধিঃ করিতে যে-সকল ব্যবহার প্রয়োজন, তাহার হিসাব করিতে হইবে। রাখারি চাপের সংস্থাপন বলিয়া সম্পূর্ণ আলাদা ও স্বতন্ত্র দুইটি আধিঃয়ের সাহায্যে মোটর এবং অন্তান্ত যন্ত্রপাতি মাটির সহিত সংযুক্ত থাকিবে। ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৩৩নং নিয়ম অনুযায়ী যদিও সরবরাহকারীকে প্রত্যেক গ্রাহকের ব্যবহারের জন্য মাটির সহিত যুক্ত একটি উপযুক্ত পরিবাহীর প্রান্তের (earthed terminal) ব্যবস্থা রাখিতে হয়, কিন্তু তাহার উপর নির্ভর না করিয়া সংস্থাপনের জন্য আলাদা দুইটি আধিঃয়ের ব্যবস্থা করিলে নিঃসন্দেহে তাহা অধিকতর ভাল বন্দোবস্ত হয়। আলোচ্য মোটরের দুইটি আধিঃ ১৭৭নং চিত্রে মিটারবোর্ডের নিকটেই দেখানো হইয়াছে।

আধিংয়ের জন্ত দুইটি তড়িৎদ্বার যে দুইটি গর্তের মধ্যে বসানো হইবে, তাহাদের মধ্যে দূরত্ব কমপক্ষে পাঁচ মিটার থাকিবে। যেহেতু ওয়্যারিংয়ের কাজে ব্যবহৃত সর্বাপেক্ষা ঘোটা তামার তারের আয়তন ১২/০'০৫২ ইঞ্চি, অর্থাৎ তারের প্রস্থচ্ছেদ ০'০৪ বর্গইঞ্চি, অতএব ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ অনুযায়ী আর্থের তারের প্রস্থচ্ছেদ তামার তারের ক্ষেত্রে ০'০২ বর্গ ইঞ্চি (৮নং এস্ ডব্লিউ. জি.) আর গ্যালভানাইজ করা লোহার তারের ক্ষেত্রে ০'০৪ বর্গ ইঞ্চি বা ৫০ বর্গ মিলিমিটার (৫নং এস্ ডব্লিউ. জি.) হইবে। তাহা ছাড়া আধিংয়ের তড়িৎদ্বার হিসাবে ৩৮'১ মিলিমিটার ব্যাসের গ্যালভানাইজ করা দুইটি লোহার পাইপ, আর তড়িৎদ্বারের উপর হইতে ফানেল পর্যন্ত সংযোগের জন্ত ১২'০৫ মিলিমিটার এবং ফানেলের গোড়া হইতে মিটারবোর্ড পর্যন্ত আর্থের তার টানিবার জন্ত ১২'৭ মিলিমিটার ব্যাসের আরও দুই প্রকার গ্যালভানাইজ করা লোহার পাইপ প্রয়োজন হইবে। আমাদের দেশে তামার তারের দাম খুব বেশী বলিয়া গ্যালভানাইজ করা লোহার তারই সচরাচর আর্থের তার হিসাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

উপরি-উক্ত হিসাবে যে-সকল যন্ত্রপাতি আর দ্রব্যাদির কথা বলা হইল, তাহাদের স্থাপন করিতে আরও কিছু দ্রব্যাদির প্রয়োজন হয়। এই সমস্ত দ্রব্য ও যন্ত্রপাতির একটি তালিকা নিম্নে দেওয়া হইল :

ক্রমিক নং	যন্ত্রপাতি অথবা দ্রব্যের নাম ও বিবরণ	যন্ত্রপাতির সংখ্যা অথবা দ্রব্যের পরিমাণ
১	টানিম্যান-বাক্স, লোহার পাত, নাট, বল্ট প্রভৃতি সহ ২০-অংশজি, ৪৫০-ভোল্ট, ডি. সি. সার্ট মোটর।	১টি
২	লোহার আবরণ দেওয়া এবং ফিউজ কাট-আউট যুক্ত ডবল-পোল, ৬০-অ্যাম্পিয়ার, ৫০০-ভোল্ট গ্রেডের সুইচ (60-ampere, 500-volt grade D. P. I. C. Switch with fuse cut-outs)।	২টি
৩	২০-অংশজি, ৪৫০-ভোল্ট, তিন-প্রান্তওয়ানা, ফেস-প্লেট ধরনের স্টার্টার (20-H.P., 450-volt, 3-Point, Face-Plate type Starter)।	১টি
৪	০-১০০ অ্যাম্পিয়ার মুভিং কয়েল অ্যামিটার (Moving Coil Ammeter, Range 0-100 amperes)।	১টি
৫	০-৫০০ ভোল্ট মুভিং কয়েল ভোল্টমিটার (Moving Coil Voltmeter, Range 0-500 Volts)।	১টি

ক্রমিক নং	যন্ত্রপাতি অথবা ভব্যের নাম ও বিবরণ	যন্ত্রপাতির সংখ্যা অথবা ভব্যের পরিমাণ
৬ (ক)	৭/২'২৪ মিলিমিটার (২৫ বর্গ মিলিমিটার), অ্যালুমিনিয়ামের পরিবাহী, ৬৫০/১১০০-ভোল্ট গ্রেডের পি. ভি. সি. তার (7/2'24 mm, i.e., 25 mm ² , Aluminium Conductor, 650/1100- volt grade P. V. C. Wire)।	১০ ফুট
৬ (খ)	ভোল্টমিটারের সংযোগের জন্য ১/১'৪০ মিলিমিটার (১'৫ বর্গ মিলিমিটার), অ্যালুমিনিয়ামের পরিবাহী, ৬৫০/১১০০-ভোল্ট গ্রেডের পি. ভি. সি. তার (1/1'40 mm, i.e., 1'5 mm ² , Aluminium Conductor, 650/1100-volt grade P. V. C. wire for voltmeter connection)।	৬ ফুট
৭	১/১'৮০ মিলিমিটার (২'৫ বর্গ মিলিমিটার), অ্যালুমিনিয়ামের পরিবাহী, ৬৫০/১১০০-ভোল্ট গ্রেডের পি. ভি. সি. তার (1/1'80 mm, i.e., 2'5 mm ² , Aluminium Conductor, 650/1100- volt grade P. V. C. Wire)। [এই তারের সাহায্যে স্টার্টারের 'F'-বারা চিহ্নিত গ্রাস্ট য়োটরের ফীল্ড-টার্মিনালের সহিত সংযুক্ত থাকিবে। স্টার্ট- ফীল্ড দিয়া খুব অল্প কারেন্ট যায় বলিয়া তারের আয়তনও অপেক্ষাকৃত কম থাকে।]	১০ ফুট
৮	৫০'৮ মিলিমিটার (২ ইঞ্চি) ব্যাস, ইস্পাতের তৈরী, ১৪ অথবা ১৬ নং গেজের কণ্ডুইট পাইপ, প্যাচ কাটা ধরনের (50'8 mm dia. M. S. Conduit of 14 or 16 gauge, Screwed Type)	৪০ ফুট
৯	৫০'৮ মিলিমিটার (২ ইঞ্চি) ব্যাস, ইস্পাতের তৈরী নমনীয় কণ্ডুইট পাইপ (50'8 mm dia. M. S. Flexible Conduit)	৪ ফুট

ক্রমিক নং	যন্ত্রপাতি অথবা জব্যের নাম ও বিবরণ	যন্ত্রপাতির সংখ্যা অথবা জব্যের পরিমাণ
১০	৫০'৮ মিলিমিটার কণ্ডুইটের ইনস্পেকশন ও সাধারণ বেণ্ড (50'8 mm Inspection & other Bends for Conduit) এবং ৫০'৮ মিলিমিটার কণ্ডুইটের 'টি' (50'8 mm M. S. Tee) ।	৬টি ১টি
১১	৫০'৮ মিলিমিটার কণ্ডুইটের স্যাডল (50'8 mm Conduit Saddles) । [কণ্ডুইট যখন সোজা লাইনে থাকে, তখন দুই হইতে আড়াই ফুট দূরে দূরে স্যাডল লাগাইলেই চলে; কিন্তু বাকের কাছে স্যাডল খুব কাছাকাছি লাগাইতে হয়, নইলে কণ্ডুইট ঠিকমত বসে না । আলোচ্য মোটরের ওয়্যারিং-লাইনে আধ ডজন বাক থাকায় স্যাডল কিছু বেশী পরিমাণে ব্যবহার করিতে হইবে ।]	২৫টি
১২	৫০'৮ মিলিমিটার আর্থ-ক্ল্যাম্প (50'8 mm Earth Clamp) ।	২৫টি
১৩	৫০'৮ মিলিমিটার ব্যালের লক-নট (50'8 mm dia. Lock-Nut) ।	২টি
১৪	৫০'৮ মিলিমিটার ব্যালের এবনাইট অথবা কাঠের বৃশ (50'8 mm dia. Ebonite or Wooden Bushes) ।	২টি
১৫	কণ্ডুইটের লাইন লোহার পাথের উপর দিয়া টানা হইলে স্যাডল আবদ্ধ করিবার জন্য ১১ ইঞ্চি মেশিন স্ক্রু, আর কাঠের গুলির উপর দিয়া টানা হইলে ১২ ইঞ্চি কাঠের স্ক্রু ব্যবহার করিতে হইবে (1 1/2" Machine Screw or 1 1/2" Wooden Screw) ।	৫০টি
১৬	১ 1/2" × ১ 1/2" × 3/4" ইম্পাতের অ্যাঙ্গেল (1 1/2" × 1 1/2" × 1/2" M.S. Angle) । [দেওয়ালের গায়ে স্টার্টার, সুইচ প্রভৃতি বসাইবার জন্য ফ্রেম তৈরী করিতে এই অ্যাঙ্গেল প্রয়োজন ।]	২৪ ফুট

ক্রমিক নং	যন্ত্রপাতি অথবা দ্রব্যের নাম ও বিবরণ	যন্ত্রপাতির সংখ্যা অথবা দ্রব্যের পরিমাণ
১৭	১৩' × ৬' ইন্সপাতেয় পাত (1½' × ½" M. S. Flat)। [এই পাতও ফ্রেম তৈরী করিতে প্রয়োজন হয়।]	৮ ফুট
১৮	ওয়াশারসহ ১৩" লোহাব বল্ট ও নাট (1½' M. S Bolts & Nuts with Washers)।	১৬টি
১৯	এনং এস ডবলিউ. জি. (০.০৪ বর্গ ইঞ্চি) গ্যাল-ভ্যানাইজ করা লোহার তার (No 5 S. W. G. G. I. Earth Wire)। [এই তার মিটারবোর্ড হইতে মোটর পর্যন্ত দুইগাছা করিয়া কণ্ডুইটের সঙ্গে সঙ্গে টানা থাকিবে, এবং স্কেচ, স্টাটার, মোটর, কণ্ডুইট প্রভৃতিকে মাটির সহিত সংযুক্ত করিবে।]	৭০ ফুট
২০	বিপদচিহ্ন-জ্ঞাপক বোর্ড (Danger Board) [একটি বোর্ড মিটারের নিকট আর অন্যটি মোটরের নিকট ব্যবহাব করিতে হইবে।] এবং তড়িতাহত ব্যক্তির শুক্রা করিবার নির্দেশ সম্বলিত চার্ট।	২টি ১টি
২১	অ্যাম্বিটার এবং ভোল্টমিটার বসাইবার জন্য দুইটি বাস-বার সম্বলিত ১০০ অ্যাম্পিয়ার, ৫০০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপের উপযোগী ২' × ৩' আয়তনের আই. সি. বাক্স।	১টি
২২	সিমেন্ট, বালি, পাথরকুচি, রং, ভানিস, ভিতের উপর মোটর বসাইবার বল্ট ও নাট ইত্যাদি।	
২৩	আর্থিংয়ের বিভিন্ন দ্রব্য (Earthing Materials) : (ক) ৩৮'১ মিলিমিটার ব্যাস, ২ মিটার দৈর্ঘ্য, গ্যালভানাইজ করা লোহার পাইপ (আর্থের ডাক্তার)।	২টি

ক্রমিক নং	যন্ত্রপাতি অথবা দ্রব্যের নাম ও বিবরণ	যন্ত্রপাতির সংখ্যা অথবা দ্রব্যের পরিমাণ
	(খ) ১১'০৫ মিলিমিটার ব্যাস, ২'১ মিটার দৈর্ঘ্য, গ্যালভানাইজ করা লোহার পাইপ।	২টি
	(গ) ৩৮'১-১২'০৫ মিলিমিটার 'রিডিউসিং সকেট' (38'1 mm-19'05 mm dia. Reducing Socket)।	২টি
	(ঘ) তারের জাল দিয়া উপরিভাগ আবৃত লোহার কানেল।	২টি
	(ঙ) ১২'৭ মিলিমিটার ব্যাস, গ্যালভানাইজ করা লোহার পাইপ।	৭০ ফুট
	(চ) ০'৬৪৫ বর্গ সেন্টিমিটার প্রস্থচ্ছেদ, গ্যালভানাইজ করা লোহার পাত অথবা তার। [এই পাত অথবা তারের সাহায্যে মিটারবোর্ড তড়িৎ-ধারের সহিত যুক্ত থাকিবে। তার ব্যবহার করিলে উহার মাথায় গ্যালভানাইজ করা আর্থিং সকেট লাগাই করা থাকিবে।]	৭৮ ফুট
	(ছ) ১২'০৫ মিলিমিটার ব্যাসের গ্যালভানাইজ করা নাট।	৬টি
	(জ) লবণ।	৫ কিলোগ্রাম
	(ঝ) কাঠ কয়লা।	৪ কিলোগ্রাম
	(ঞ) সিমেন্ট, বালি ও পাথরকুচি, কাঠের গুলি অথবা লোহার পাত ইত্যাদি।	

মোটরের ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স কিভাবে পরীক্ষা করিতে হয়, তাহার বর্ণনা ইতিপূর্বেই দেওয়া হইয়াছে। পরীক্ষার দ্বারা যদি দেখা যায় মেনিনের ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স কম আছে, তবে মেনিনকে প্রথমে ভালভাবে গরম (dry out) করিতে হইবে, পরে মেনিন ঠাণ্ডা হইলে মাগিয়া দেখিতে হইবে উহার ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স কত আছে। যদি দেখা যায় তখনও ঐ রেজিস্ট্যান্স সন্তোষজনক হয় নাই, তবে

ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ অনুযায়ী ওয়াইণ্ডিংয়ের উপর এক তর উৎকৃষ্ট খেণীর ইনসুলেটিং বানিশ লেপন করিয়া দিতে হইবে।

মোটরের স্থাপন-কৌশলের নক্সা (layout diagram) ১৭৭নং চিত্রে দেখানো হইল। এই কাজে ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুযায়ী যে-সকল নিয়ম পালন করিতে হইবে, তাহাদের কথা পূর্বেই বলা হইয়াছে। পাঠকের সুবিধার জন্য এখানে পুনরায় তাহা সংক্ষেপে বলা হইতেছে :—

(১) মিটার বোর্ড হইতে মোটর ৩০ ফুট দূরে অবস্থিত বলিয়া মোটরের সার্কিটে দুইটি ডি. পি. আই. সি. সুইচ ব্যবহার করিতে হইবে। একটি সুইচ কার্ট-আউট সহ প্রধান সুইচ হিসাবে মিটার বোর্ডের উপরে এবং অন্যটি নিয়ন্ত্রণকারী সুইচ হিসাবে মোটরের সার্কিটে (সাধারণতঃ ৬ ফুটের মধ্যে) বসিবে।

(২) ৬৫০/১১০০-ভোল্ট গ্রেডের দুইগাছা ডি. আই. আর. অথবা পি. ডি. সি. তার একত্রে একই কণ্ডুইট (ভারী গেজের) অথবা অন্য কোন ধাতু নির্মিত কিংবা পি. ডি. সি. অথবা ধাতু ভিন্ন অন্য কোন বস্তুর দ্বারা নির্মিত শক্ত (rigid) পাইপের মধ্য দিয়া টানিয়া মোটরের ওয়্যারিং করিতে হইবে। ধাতু ভিন্ন অন্য কি ধরনের বস্তুর দ্বারা নির্মিত শক্ত পাইপ এই সকল ক্ষেত্রে ব্যবহার করা উচিত তাহা ভারতীয় মানক সংস্থার আই এস : ২৫০২-১১৬৩ নং নির্দেশে বলা হইয়াছে।

(৩) মিটার বোর্ড হইতে দুইগাছা ৫নং এস. ডবলিউ. জি. গ্যালভানাইজ করা লোহার তার অথবা ৮নং এস. ডবলিউ. জি. তারের তার আর্থের তার হিসাবে কণ্ডুইট পাইপের সঙ্গে সঙ্গে টানিয়া মোটরের কাঠামোর সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে। কণ্ডুইটের উপরিভাগ দিয়া এই তার আসিবে এবং আর্থ-ক্যাপের সাহায্যে পাইপের গারে আবদ্ধ থাকিবে। আর্থের তারের সহিত সুইচ, স্টার্টার প্রভৃতির বহিরাবরণও সংযুক্ত থাকিবে।

(৪) মিটার বোর্ডের নিকট একটি এবং মোটরের নিকট আর একটি বিপদ-চিহ্ন জ্ঞাপক বোর্ড, আর কারখানায় স্থাপিত বলিয়া উপযুক্ত স্থানে তড়িতাহত ব্যক্তির সতর্কতা করিবার নির্দেশ সম্বলিত একটি চার্ট লাগাইয়া দিতে হইবে।

উদাহরণ ৮-২। একটি ১৫ হর্সপাওয়ার ৪৫০ ভোল্ট কম্পাউন্ড মোটরের “ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স” ও “আর্থ রেজিস্ট্যান্স” কত হওয়া উচিত এবং কি করিয়া মাথা যায় ? (Elec. Rep., January, 1974)

এখানে $V = ৪৫০$ ভোল্ট, আর

মোটরের উৎপাদিত শক্তি = ১৫ অশ্বশক্তি।

মোটরের কর্মক্ষমতা কত এই উদাহরণে তাহার উল্লেখ নাই। মনে কর, মোটরের কর্মক্ষমতা শতকরা ৮০ ভাগ। এখন,

মোটরের উৎপাদিত শক্তি = ১৫ অশ্বশক্তি

$$= ১৫ \times ৭৪৬ = ১১১৯০ \text{ ওয়াট,}$$

$$\therefore \text{মোটরের গৃহীত শক্তি} = \frac{১১১০ \times ১০০}{৮০}$$

$$= ১৩৮৭.৫ \text{ ওয়াট।}$$

$$VI_1 = ১৩৮৭.৫,$$

$$\therefore I_1 = \frac{১৩৮৭.৫}{V} = \frac{১৩৮৭.৫}{৪৫০}$$

$$= ৩.১ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

মোটরের ইন্সলেশন রেজিস্ট্যান্স :

ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৪৮ (১) নং নিয়ম অনুযায়ী

$$\text{মোটরের সর্বোচ্চ লীকেজ কারেন্ট} = \frac{I_1}{৫০০} = \frac{৩.১}{৫০০}$$

$$= ০.০০৬২২ \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হইবে।

\therefore মোটরের সর্বনিম্ন ইন্সলেশন

$$\text{রেজিস্ট্যান্স} = \frac{V}{\text{সর্বোচ্চ লীকেজ কারেন্ট}}$$

$$= \frac{৪৫০}{০.০০৬২২}$$

$$= ৭২৩১০ \text{ ওম অথবা } ০.০৭২৩৫ \text{ মেগাওম}$$

হইবে। কিন্তু ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ নং ৮.৪.১. আই এস : ২০০-১২৬৫ (সংশোধিত) অনুসারে আলোচ্য মোটরের ইন্সলেশন রেজিস্ট্যান্স ১ মেগাওম হওয়া উচিত। এখন, যেহেতু ০.০৭২৩৫ মেগাওম অপেক্ষা ১ মেগাওম বড় সংখ্যা, অতএব বৈদ্যুতিক আইনের হিসাব অনুযায়ী ০.০৭২৩৫ মেগাওম পাওয়া গেলেও কার্যক্ষেত্রে মোটরের ইন্সলেশন রেজিস্ট্যান্স ১ মেগাওমই হইবে।

মোটরের ইন্সলেশন রেজিস্ট্যান্স “ইন্সলেশন টেস্টিং মেগারের” সাহায্যে কিতাবে মাপা যায় তাহা ইতিপূর্বেই বলা হইয়াছে।

মোটরের আর্থ রেজিস্ট্যান্স :

কোন বৈদ্যুতিক সংস্থাপনের আর্থিং রেজিস্ট্যান্স কত হইবে, সেই বিষয়ে ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনে কোন সুস্পষ্ট নির্দেশ দেওয়া নাই। কিন্তু ভারতীয় মানক সংস্থার ১২.৩.২ আই এস : ৩০৪৩-১২৬৬ (সংশোধিত ১৯৭১) নং নির্দেশে ভূমি-সংযোগ ব্যবস্থার সর্বোচ্চ রেজিস্ট্যান্স কত হওয়া উচিত তাহা নির্ণয় করিবার জন্য একটি সূত্র দেওয়া আছে। এই সূত্র অনুযায়ী সংস্থাপনের

$$\text{আর্থিং রেজিস্ট্যান্স} = \frac{৫ \times \text{পরিবাহী এবং আর্থের মধ্যে ভোল্টেজ}}{২.৫ \times \text{সার্কিটের সর্বাপেক্ষা বড় ফিউজ-তারের অথবা}}$$

সার্কিট ব্রেকারের তড়িৎ-বহন ক্ষমতা

হইবে। এখন, বর্তমান উদাহরণে লাইনের তড়িৎ-চাপ (পজিটিভ ও নেগেটিভ

লাইনের মধ্যে) ৪৫০ ভোল্ট থাকায় (নিউট্রাল তার আর্থ করা আছে এইরূপ ধরিয়া লইয়া)

$$\text{পরিবাহী এবং আর্থের মধ্যে ভোল্টেজ} = \frac{850}{2} = 225 \text{ ভোল্ট}$$

হইবে। মোটর পুরা লোডে ৩১.১ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। কিন্তু ৩১.১ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট বহন করিবার পক্ষে উপযুক্ত ফিউজ-তার পাওয়া যায় না বলিয়া ৩৪ অ্যাম্পিয়ার বহনের উপযোগী ফিউজ তার মোটরের সার্কিটে ব্যবহার করিতে হইবে। এই তার ২০নং এস. ডবলিউ জি. টিন বা রাড্ দিয়া কলাই করা তারার তার হইবে এবং ইহার তড়িৎ-বহন ক্ষমতা অনুযায়ী

$$\begin{aligned} \text{মোটরের আর্থ রেজিস্ট্যান্স} &= \frac{3 \times 225}{2.5 \times 38} \\ &= \frac{1125}{95} = 11.84 \text{ ওম} \end{aligned}$$

হইবে। আর্থের এই রেজিস্ট্যান্স মেগার আর্থ টেস্টারের সাহায্যে কিভাবে নির্ণয় করা যায় তাহা বর্তমান পরিচ্ছেদের ৮-২ অংশে দেখানো হইয়াছে।

উদাহরণ ৮-৩। (ক) একটি ১৫ অশ্বশক্তি ৪৪০ ভোল্টস ডি. সি. মোটর একটি মেশিন সপ-এ বসাইতে হইবে। মোটরের efficiency ৮০%। মোটরটির full load current এর হিসাব বাহির কর।

(খ) মোটরের সহিত আর্থের সর্বাপেক্ষ কম ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স কত হইবে?

(গ) সর্বাপেক্ষ। বেশী allowable leakage current কত হইবে?

ই ওয়ান ইলেকট্রিসিটি রুল অনুযায়ী মোটরটি বসাইবার জন্য কি ব্যবস্থা অবলম্বন করিবে তাহা একটি নিম্নত চিত্র অঙ্কনের সাহায্যে উহার সম্পূর্ণ স্থাপন কোণল দেখাও।

(Elec. Sup, December, 1966)

$$\text{এখানে } V = 440 \text{ ভোল্ট,}$$

$$\text{মোটরের উৎপাদিত শক্তি} = 15 \text{ অশ্বশক্তি, আর}$$

$$\text{মোটরের কর্মক্ষমতা} = 80\%$$

$$(ক) \text{ মোটরের উৎপাদিত শক্তি} = 15 \text{ অশ্বশক্তি}$$

$$= 15 \times 746 = 11190 \text{ ওয়াট,}$$

$$\therefore \text{মোটরের গ্রহীত শক্তি} = \frac{11190 \times 100}{80}$$

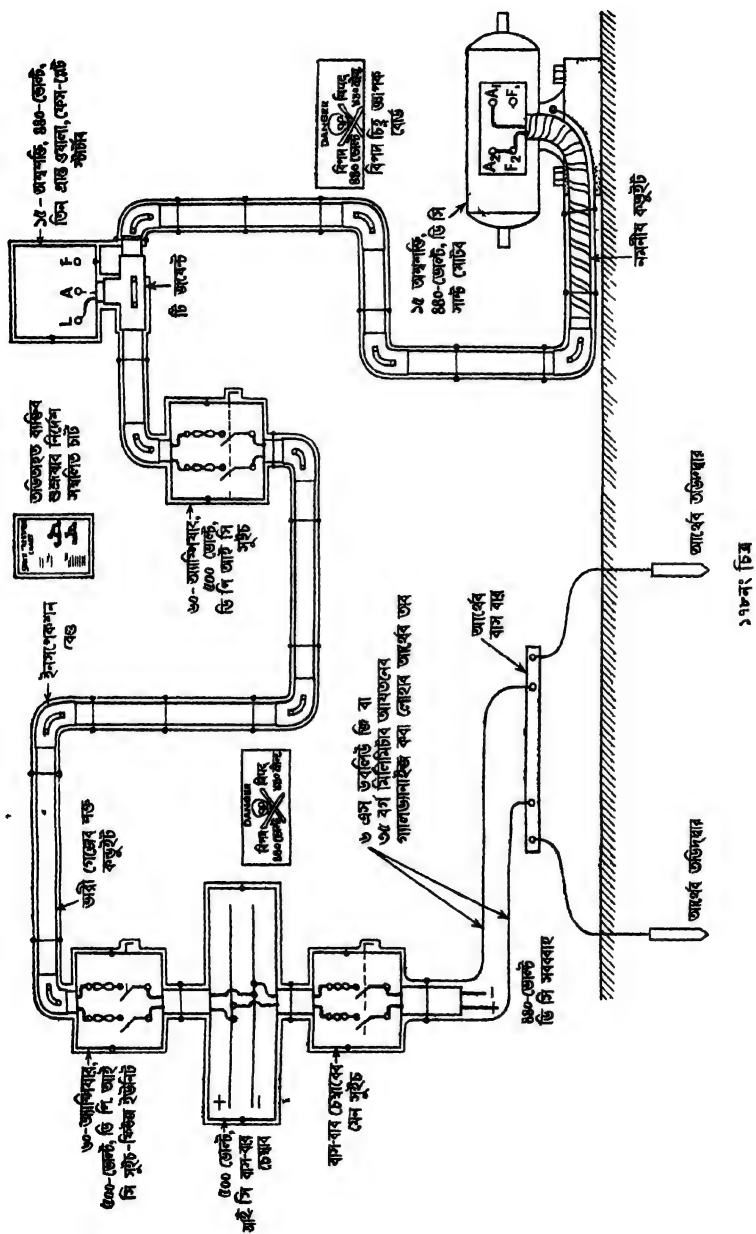
$$= 13987.5 \text{ ওয়াট।}$$

$$VI_1 = 13987.5,$$

$$\therefore I_1 = \frac{13987.5}{V} = \frac{13987.5}{440}$$

$$= 31.8 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

অতঃপর পুরা লোডসহ চলিবার সময় মোটর ৩১.৮ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইবে।



(গ) ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৪৮ (১) ২ নিয়ম অনুযায়ী সর্বাপেক্ষা বেশী অহুমোদনযোগ্য লীকেজ কারেন্ট মোটর পূরা লোডে যত কারেন্ট গ্রহণ করে তাহার পাঁচ হাজার ভাগের এক ভাগ অপেক্ষা বেশী হইবে না। সুতরাং

$$\text{সর্বাপেক্ষা বেশী অহুমোদনযোগ্য লীকেজ কারেন্ট} = \frac{I_l}{5000} = \frac{31.7}{5000} \\ = 0.00634 \text{ অ্যাম্পিয়ার}।$$

(খ) মোটরের সহিত আর্থের

$$\text{সর্বাপেক্ষা কম ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স} = \frac{\text{লাইনের ভোল্টেজ}}{\text{সর্বাপেক্ষা বেশী লীকেজ কারেন্ট}} \\ = \frac{880}{0.00634} \\ = 62180 \text{ ওম অথবা } 0.06218 \text{ মেগওম}।$$

কিন্তু ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশে বলা হইয়াছে, যে-কোন বৈদ্যুতিক মেশিনের সর্বনিম্ন ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স ১ মেগওমের কম হইবে না। সুতরাং আলোচ্য মোটরের সহিত আর্থের সর্বাপেক্ষা কম ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স ১ মেগওমই হওয়া উচিত।

একটি স্বাক্ষারি চাপের ডি. সি. মোটর বসাইবার জন্য ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুযায়ী যে-সকল ব্যবস্থা অবলম্বন করা প্রয়োজন তাহা ৮-১ উদাহরণে বলা হইয়াছে। আলোচ্য মোটরের স্থাপন কোশল ১৭৮নং চিত্রে দেখানো হইল। সাধারণতঃ মেশিন সপ-এ একাধিক মোটর পরিচালিত হয় বলিয়া বাস-বার চেম্বার হইতেই প্রত্যেক মোটরের জন্য লাইন টানা হইয়া থাকে, আর এই কাজে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই সান্ট মোটর ব্যবহার করা হয়। আর্থিংয়ের কাজে এক্ষেত্রে একটি আর্থিং বাস-বার ব্যবহার করাই যুক্তিসঙ্গত, কারণ বাস-বার হইতে বিভিন্ন মেশিনের জন্য আর্থের তাব যত সহজে টানা যায়, অন্য কোন ব্যবস্থায় সেই কাজ তত সহজে করা চলে না। সেইজন্য ১৭৮নং চিত্রে একটি ১৫-অংশক্তি ক্ষমতা সম্পন্ন সান্ট মোটর, একটি তিন-প্রান্ত ওয়াল ফেন্স-প্লেট ধরনের স্টার্টার, দুইটি ডি. পি. আই. সি. সুইচ, একটি বাস-বার চেম্বার, একটি আর্থিং বাস-বার এবং মোটরের ওয়্যারিং ও আর্থের সংযোগ দেখানো হইয়াছে।

উদাহরণ ৮-৪। প্রমাণ কর যে, একটি 30-ampere সুইচ্ একটি 440 Volt, 20 h p মোটরের control সুইচ্ হিসাবে ব্যবহারের অনুপযুক্ত। মোটরের full-load efficiency 85 per cent.

উপরোক্ত মোটরটি control করিবার জন্য যে সুইচের প্রয়োজন তাহার detailed Specification দাও। (Elec. Sup., July, 1964)

এখানে $V = 880$ ভোল্ট

মোটরের উপাদিত শক্তি = ২০ অংশক্তি, আর

মোটরের কর্মক্ষমতা = ৮৫%।

মোটরের উৎপাদিত শক্তি = ২০ অশ্বশক্তি

$$= ২০ \times ৭৪৬ = ১৪৯২০ \text{ ওয়াট},$$

$$\therefore \text{মোটরের গৃহীত শক্তি} = \frac{১৪৯২০ \times ১০০}{৮৫}$$

$$= ১৭৫৬০ \text{ ওয়াট।}$$

$$VI_1 = ১৭৫৬০,$$

$$\therefore I_1 = \frac{১৭৫৬০}{V} = \frac{১৭৫৬০}{৪৪০}$$

$$= ৩৯.৯ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

মোটর প্রা লোডপহ চলিবার সময় ৩৯.৯ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে বলিয়া স্টার্টারের সাহায্যে চালু করিবার সময় উহা ৬০ হইতে ৮০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইবে। সুতরাং এই মোটর নিয়ন্ত্রণ করিতে ৩০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট বহনের উপযোগী সুইচ ব্যবহার করিলে সেই সুইচ অতিরিক্ত গরম হইয়া উঠিবে এবং অবিলম্বে পুড়িয়া যাইবে।

আলোচ্য মোটরটি নিয়ন্ত্রণ করিবার জন্য একটি ৬০-অ্যাম্পিয়ার, ৫০০-ভোল্ট গ্রেড, ফিউজ কার্ট-আউট যুক্ত, লোহার আবরণ দেওয়া, ডবল-পোল সুইচ ব্যবহার করিতে হইবে।

উদাহরণ ৮-৫। একটি 10 h. p. 440-volt motor control 'gear'-এর over load trip 120 per cent-এ রাখা হইলে ঐ মোটরের earthing resistance-এর মান (value) কত হওয়া উচিত তাহা কারণ দিয়া বুঝাইয়া দাও।

উপরি-উক্ত মোটর installation-এর earthing এর ব্যবস্থা কিরূপ হইবে তাহা একটি diagram-এর সাহায্যে দেখাও। (Elec. Sup., July, 1964)

এখানে $V = ৪৪০$ ভোল্ট, আর

মোটরের উৎপাদিত শক্তি = ১০ অশ্বশক্তি।

এই উদাহরণে মোটরের কর্মক্ষমতা সম্বন্ধে কোন উল্লেখ না থাকায় তাহা শতকরা ৮০ ভাগ ধরা হইল। এখন

মোটরের উৎপাদিত শক্তি = ১০ অশ্বশক্তি

$$= ১০ \times ৭৪৬ = ৭৪৬০ \text{ ওয়াট},$$

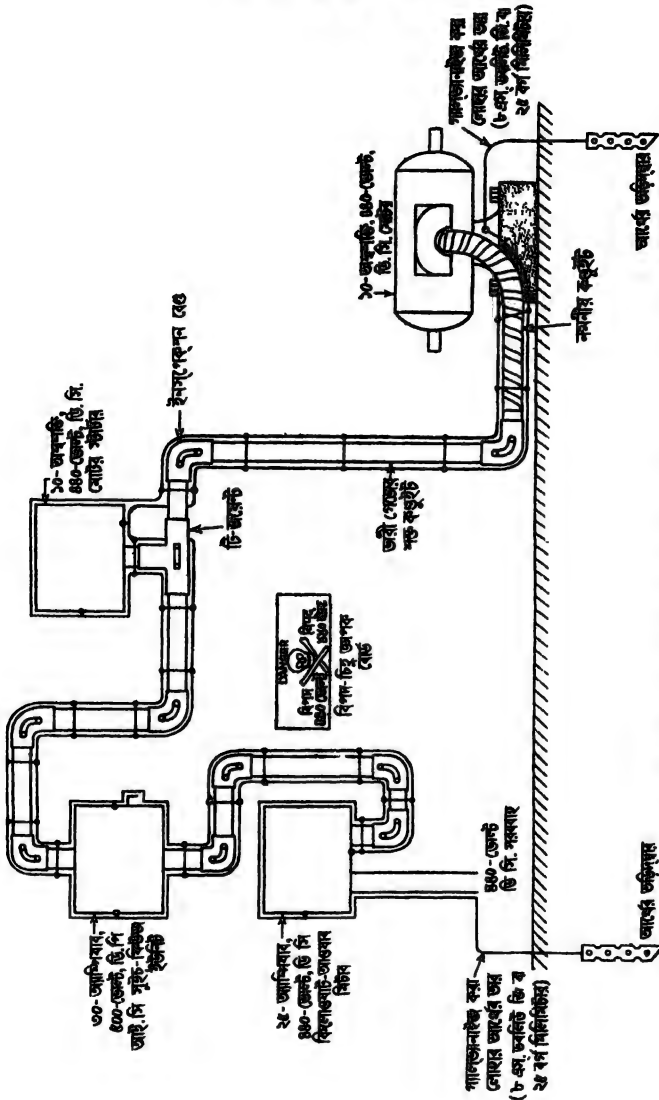
$$\therefore \text{মোটরের গৃহীত শক্তি} = \frac{৭৪৬০ \times ১০০}{৮০}$$

$$= ৯৩২৫ \text{ ওয়াট।}$$

$$VI_1 = ৯৩২৫,$$

$$\therefore I_1 = \frac{৯৩২৫}{V} = \frac{৯৩২৫}{৪৪০}$$

$$= ২১.২ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$



১০-অব-শক্তি, ৪৪০-ভোল্ট, ডি. সি. মোটরের ওয়ারিং ও আর্থিং ব্যবস্থা

२१२ नं० द्वि

$$২১.২ \text{ অ্যান্টিবায়ের ১২০\%} = ২১.২ \times \frac{১২০}{১০০}$$

$$= 25.88 \text{ অ্যান্টিস্মার।}$$

যদি ধরিয়া লওয়া যায় সরবরাহ লাইনের নিউট্রাল আর্থ করা আছে, তবে লাইনের পন্নিবাহী আর আর্থের মধ্যে তড়িৎ-চাপ $\frac{880}{2} = 220$ ভোল্ট হইবে। সুতরাং ভারতীয় মানক লংচার নির্দেশ অনুযায়ী

$$\begin{aligned}
 \text{মোটরের আর্থিং রেজিস্ট্যান্স} &= \frac{3 \times 220}{2.5 \times 24.88} \\
 &= \frac{110}{2.5 \times 24.88} \\
 &= 1.97 \text{ ওহম}
 \end{aligned}$$

হওয়া উচিত। মোটরের আর্থিং ব্যবস্থা কিরূপ হইবে তাহা ১৭২নং চিত্রে দেখানো হইল। মাঝারি চাপের সংস্থাপন বলিয়া এই মোটরের জন্য দুইটি পৃথক আর্থ করিতে হইবে। চিত্রে একটি আর্থিং মোটরের নিকটে আর অন্যটি মিটার বোর্ডের নিকটে দেখানো হইয়াছে। এইরূপ ব্যবস্থায় মিটার সহিত সংযোগরক্ষাকারী একটি তার মোটর হইতে মিটার বোর্ডের দিকে আর অন্য একটি তার মিটার বোর্ড হইতে মোটরের দিকে কণ্ডুইট পাইপের সঙ্গে সঙ্গে লইয়া বাইতে হইবে। যদি ধরিয়া লওয়া হয় যে, মিটার বোর্ডের নিকটেই মোটরটি বসানো হইবে, তবে উহাকে নিয়ন্ত্রণ করিবার পক্ষে একটি সুইচই যথেষ্ট।

৮-৬। বিভিন্ন কাজে ডি. সি. মোটরের ব্যবহার (D. C. Motors for Given Services)

(১) গৃহস্থালির কাজ (Domestic Uses)

সেলাই কল, পাখা, ভ্যাকিউয়াম ক্লিনার, রেফ্রিজারেটর, কাপড়-কাটা মেশিন প্রভৃতি পরিচালনার কাজে আজকাল বৈদ্যুতিক মোটর ব্যবহার করা হয়। ছোট ছোট সিরিজ মোটর এই সকল কাজের পক্ষে বিশেষ উপযোগী, তবে যন্ত্রপাতি ইউনিভার্সাল মোটর দ্বারা পরিচালনা করিলে তাহা ডি. সি. এবং এ. সি. উভয় প্রকার সরবরাহেই ব্যবহার করা চলে।

(২) মেশিন টুলস্ পরিচালনা (Machine Tools)

বড় বড় কলকারখানার কাজে, বিশেষত ব্যাপক উৎপাদনের ক্ষেত্রে, বৈদ্যুতিক মোটর দ্বারা পরিচালিত যন্ত্রপাতি—যেমন, ড্রিল-মেশিন, স্প্যানার ইত্যাদি, ব্যবহার করিলে উৎপাদনের খরচ অনেক কম পড়ে। এই কারণে ছোট ছোট যন্ত্রপাতির জন্য সাধারণত ইউনিভার্সাল মোটর আর বড় বড় মেশিন পরিচালনা করিতে সাঁট, সিরিজ ও কম্পাউন্ড মোটর ব্যবহার করা হইয়া থাকে। মোটরের গতিবেগ বেশী হয় বলিয়া যন্ত্রপাতি অপেক্ষাকৃত কম গতিবেগে পরিচালনা করিবার জন্য অধিকাংশ ক্ষেত্রেই মোটরকে গিয়ারের সাহায্যে লোডের সহিত সংযুক্ত করা হয়। বড় আকারের বহন-যোগ্য যন্ত্রপাতি পরিচালনা করিবার সময় মোটরের গতিবেগ বৃদ্ধি পাইয়া বাহাতে বিপজ্জনক অবস্থায় না পৌছায়, সেইজন্য এই সকল কাজে সিরিজ মোটরের পরিবর্তে কিউমিউলেটিভ কম্পাউন্ড মোটর ব্যবহার করাই যুক্তিসঙ্গত।

(ক) লেদ মেশিন, মিলিং মেশিন ও গ্রাইন্ডিং মেশিন পরিচালনা (Lathes, Milling and Grinding Machines) :—

এই সকল মেশিন পরিচালনার কাজে ডি. সি. সাফ্ট মোটরই সর্বাপেক্ষা বেশী উপযোগী। মোটরের ক্ষমতা ৫০ অশ্বশক্তি পর্যন্ত হইয়া থাকে, আর প্রয়োজনমত মোটরের গতিবেগ বাহাতে কম বা বেশী করা যায় সেইজন্য সাফ্ট ফীল্ডে একটি পরিবর্তনশীল রোধক ব্যবহার করা হয়।

(খ) প্লেনার মেশিন পরিচালনা (Planers) :—

এই মেশিনের সাহায্যে যে-সকল জিনিসের উপরিভাগ কাটিয়া স্মৃণ করা হয় তাহা মেশিনের যে অংশে বাঁধা থাকে সেই অংশ একবার সামনের দিকে অপেক্ষাকৃত দীর গতিতে অগ্রসর হয়, আবার পরমুহুর্তে অপেক্ষাকৃত দ্রুতগতিতে পিছনের দিকে সরিয়া যায়। প্রত্যেকবার সামনের দিকে অগ্রসর হওয়ার সময় উপরিভাগ কাটা হইতে থাকে, আর সেই সঙ্গে যে যন্ত্রের সাহায্যে কাটা হয় তাহা একটু একটু করিয়া সরিতে আরম্ভ করে। সেইজন্য যে মোটরের সাহায্যে প্লেনার মেশিন পরিচালনা করা হয়, তাহার গতিবেগ বাহাতে দ্রুত কম-বেশী অথবা বিপরীতমুখী করা যায় সেইরূপ বন্দোবস্ত থাকা প্রয়োজন। এই কাজে সুবিধা হয় বলিয়া বড় বড় মেশিনের ক্ষেত্রে অনেক সময় আলাদা একটি জেনারেটরের সাহায্যে মোটরে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হইয়া থাকে। জেনারেটরটিকে আবার সরবরাহ অনুযায়ী এ. সি. অথবা ডি. সি. মোটরের সাহায্যে ঘূনানো হয়। প্রয়োজন অনুসারে জেনারেটরের ফীল্ডের উত্তেজন কম অথবা বেশী কিংবা বিপরীতমুখী করিয়া মেশিন চালনাকারী মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা চলে। এই সকল ক্ষেত্রে মোটরের গতিবেগ হ্রাস করিবার সময় কিংবা বিপরীতমুখী করিবার সময় সাধারণতঃ 'রিজেনারেটিভ ব্রেকিং' প্রয়োগ করা হয়। মোটরে হঠাৎ লোড পড়ে এবং হঠাৎ সেই লোড অপসারিত হয় বলিয়া ছোট ছোট মেশিন পরিচালনার ক্ষুদ্র সাফ্ট মোটর আর বড় বড় মেশিনের জন্য কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করিতে দেখা যায়।

(গ) পান্চিং মেশিন ও শিয়ারিং মেশিন পরিচালনা (Punches and Shears) :—

এই সকল মেশিন পরিচালনা করিবার সময় মোটরে হঠাৎ খুব বেশী লোড পড়ে, আবার হঠাৎ মোটর একেবারে লোডশূন্য অবস্থায় চলিয়া আসে। সেইজন্য এই ধরনের কাজের পক্ষে কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর অতিশয় উপযোগী। মোটরের সহিত অনেক সময় একটি 'ফ্লাই হুইল' (fly wheel) ব্যবহার করা হয়। লোডশূন্য অবস্থায় চলিবার সময় ফ্লাই হুইল মোটরের নিকট হইতে বাহ্যিক শক্তি গ্রহণ করিয়া তাহা সঞ্চয় করে। পরে কোন বস্তুতে ছিদ্র অথবা কোন জিনিস বিখণ্ডিত করিবার সময় যখন অতিরিক্ত শক্তির প্রয়োজন হয়, তখন ফ্লাই হুইল মোটরকে উহার সঞ্চিত শক্তি সরবরাহ করিতে থাকে।

(৩) ক্রেন পরিচালনা (Cranes)

সহজে আর সমানভাবে গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা যায় বলিয়া ক্রেন পরিচালনার কাজে এ. সি. মোটর অপেক্ষা ডি. সি. মোটর ব্যবহার করাই অধিকতর সুবিধাজনক। ক্রেনের সাহায্যে সাধারণতঃ ভারী ভারী মালপত্র তোলা হয়, তাই চালু করিবার সময় মোটরের আর্বেচারে বেশী ঘূর্ণক উৎপন্ন হয়। প্রয়োজন। সেইজন্য এই কাজে ডি. সি. সিরিজ অথবা কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করা হইয়া থাকে। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই কন্ট্রোলার দ্বারা পরিচালিত ড্রাম কন্টোলারের সাহায্যে মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা হয়, আর কন্ট্রোলারগুলি নিয়ন্ত্রিত হয় পুশ-বাটনের সাহায্যে। মালপত্র ভুলিবার সময় কম্পাউণ্ড মোটর আর ক্রেনটিকে নানা স্থানে লইয়া যাওয়ার সময় সিরিজ মোটর ব্যবহার করা হয়।

(৪) লিফট পরিচালনা (Lifts)

লিফট পরিচালনার জন্য এমন মোটর ব্যবহার করা প্রয়োজন যাহা সহজে চালু করা যায় আর সহজে বন্ধ করা চলে, যাহার আর্বেচারের গড়ন হালকা এবং গতিবেগ মাঝারি ধরনের। চালু করিবার সময় এই মোটরের ঘূর্ণক অধিক হয়। প্রয়োজন। তাই ডি. সি. কম্পাউণ্ড মোটরই এই কাজের পক্ষে সর্বাপেক্ষা বেশী উপযোগী। মোটরের গতিবেগ অনেক সময় ওয়ার্ড-লিওনার্ড পদ্ধতির সাহায্যে নিয়ন্ত্রণ করা হয়, আর ইহাতে কোন পরিবর্তনশীল রোধক ব্যবহার করা হয় না বলিয়া শক্তির অপচয়ও অনেক কম হইয়া থাকে।

(৫) বস্ত্র শিল্পের মেশিন পরিচালনা (Textile Machinery)

কার্পাস বস্ত্র অথবা পশমজাত দ্রব্য উৎপাদনের কারখানায় বাতাসে সর্বদাই আর্দ্রতা থাকে এবং তুলা অথবা পশমের ফেসো ভাসিয়া বেড়ায়। সেইজন্য মোটরের আবরণ নিছিত্র আর ওয়াইণ্ডিংয়ের ইনসুলেশন আর্দ্রতা নিরোধের পক্ষে উপযুক্ত হওয়া দরকার। তাহা ছাড়া মোটরের গতিবেগ মোটামুটি অপরিবর্তিত থাকা আর কর্মক্ষমতা উচ্চমানের হওয়াও একান্ত প্রয়োজন। তাই এই ধরনের কাজের পক্ষে ডি. সি. স্পিড মোটরই সর্বাপেক্ষা বেশী উপযোগী। কিন্তু সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ সামান্য কম-বেশী হইলেই স্পিড মোটরের গতিবেগ পরিবর্তিত হইতে থাকে। সেইজন্য ডি. সি. মোটরের পরিবর্তে যদি এ. সি., ড-ফেজ দুই-ফেজ ইণ্ডাকশন মোটর ব্যবহার করা যায়, তবে মেশিন পরিচালনার কাজে গতিবেগ অপরিবর্তিত রাখিতে তাহা বেশী সহায়ক হয়।

(৬) ছাপাখানার মেশিন পরিচালনা (Printing Machinery)

একটি নির্দিষ্ট গতিবেগে ‘গিলটিন’ (guillotines), ‘প্লাটেন’ (platens) ও অন্যান্য ছোট ছোট মেশিন পরিচালনার জন্য যদিও ডি. সি. স্পিড মোটর ব্যবহার করা চলে, তবে কার্যক্ষেত্রে অনেক বেশী সুবিধা পাওয়া যায় বলিয়া এই সকল মেশিন

সাধারণতঃ এ. সি. ফ্রাইল-কেজ ইণ্ডাক্শন মোটরের সাহায্যেই পরিচালিত হয়। কিন্তু ক্ষুদ্রগতিতে পরিচালিত মোটারী প্রেসের পক্ষে ডি. সি. কম্পাউণ্ড মোটর অভিশ্রম উপযোজী। এই মেশিনের গতিবেগ খুব বেশী পরিমাণে পরিবর্তন করার প্রয়োজন দেখা দেয়; সর্বোচ্চ আর সর্বনিম্ন গতিবেগের অঙ্কপাত ৪ : ১ পর্যন্ত হইয়া থাকে। প্রেস যখন খুব ধীর গতিতে চলে, তখন একটি ক্ষুদ্র কম্পাউণ্ড মোটরের সাহায্যে উহা পরিচালিত হয়। এই মোটরের সহিত প্রেস গিয়ারের সাহায্যে যুক্ত থাকে, আর সেই সঙ্গে এমন একটি ‘ক্লাচ’ (clutch)-এর বন্দোবস্ত করা থাকে বাহাতে প্রধান মোটরটি পরিচালনার কাজ শুরু করা মাত্র ক্ষুদ্র মোটরটির সহিত মেশিনের সংযোগ বিচ্ছিন্ন হইয়া যায়। তখন ক্ষুদ্র মোটরটিকে বন্ধ করিয়া বিশ্রাম দেওয়া হয়।

(৭) কাগজ তৈরী করার মেশিন পরিচালনা (Paper Making Machinery)

এই মেশিন পরিচালনার কাজে বিভিন্ন অংশে বিভিন্ন প্রকারের মোটর প্রয়োজন হয়, আর সেই সকল মোটরের গতিবেগ খুব সুস্থভাবে নিয়ন্ত্রণ করা আবশ্যিক বলিয়া অনেক ক্ষেত্রে ডি. সি. এবং এ. সি.—এই উভয় প্রকার মোটরই ব্যবহার করিতে দেখা যায়। ডি. সি. মোটরের মধ্যে সাধারণতঃ সান্ট আর কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করা হয়, আর সুস্থভাবে গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করার জন্য অনেকস্থলেই ওয়ার্ড-লিওনার্ড পদ্ধতি অবলম্বন করা হইয়া থাকে।

মেশিনের সকল অংশের মোটর একত্রে চালানো বা বন্ধ করা চলে না। যখন এক অংশের মোটর চালু থাকে, তখন অন্য কোন অংশের মোটর বন্ধ করিবার প্রয়োজন দেখা দেয়; সেই কারণে বিভিন্ন প্রকার মোটরের পরস্পরের মধ্যে আবদ্ধ করা (interlock) নির্ভরযোগ্য কোন সংযোগ থাকা একান্ত আবশ্যিক। “হারল্যাণ্ড ইন্টারলক ড্রাইভ” (Harland Interlock Drive) এইরূপ একটি সংযোগ-রক্ষাকারী পদ্ধতি বাহার সাহায্যে প্রয়োজনীয় মুহূর্তে একটি মোটর আপনা হইতেই উহার নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘুরিতে আরম্ভ করে, আবার কাজ শেষ হওয়া মাত্র আপনা হইতেই ঐ মোটর বন্ধ হইয়া যায়।

(৮) লোহা ও ইস্পাতের কারখানা পরিচালনা (Iron and Steel Works)

বিভিন্ন ধরনের কলকারখানাগুলির মধ্যে লোহা এবং ইস্পাতের কারখানাই এককভাবে বৈদ্যুতিক শক্তির সর্বাপেক্ষা বড় গ্রাহক। সাধারণতঃ এক টন ইস্পাতের পিও তৈরী করিতে প্রায় ৩০০ কিলোওয়াট-আওয়ার বৈদ্যুতিক শক্তির প্রয়োজন হয়, আর সেই পিও হইতে লোহার পাত, ইস্পাতের চ্যানেল, ইস্পাতের অ্যাংগল প্রভৃতি তৈরী করিতে রোলিং মিলে প্রয়োজন হয় আরও ২০০ কিলোওয়াট-আওয়ার। ডি. সি. মোটরের গতিবেগ খুব সহজে আর সমানভাবে নিয়ন্ত্রণ করা যায় বলিয়া ‘বার্চেস্ট মিল’ ও অন্যান্য মিলগুলি পরিচালনার কাজে এ. সি. মোটর অপেক্ষা ডি. সি. মোটরই বেশী

উপযোগী। যদিও ছোট ছোট মিলগুলি সাণ্ট মোটরের সাহায্যেই পরিচালিত হইতে পারে, কিন্তু অধিকাংশ রোলিং মিলেই ব্যবহার করা হয় কিউমিউলেটড কম্পাউণ্ড মোটর। মিল পরিচালনার সময় কখন মোটরে হঠাৎ খুব বেশী লোড পড়ে, আবার কখন সেই মোটর একেবারে লোডশূন্য অবস্থায় চলিতে থাকে। তাই চালু অবস্থায় মোটরের বাহাতে কোন ক্ষতি না হয় সেইজন্য অধিকাংশ ক্ষেত্রেই মোটরের ফীল্ড-সার্কিটে কম্পিন্‌সেটিং ওয়াইণ্ডিং আর ইন্টারপোল ব্যবহার করিতে দেখা যায়।

(৯) খনির কাজ পরিচালনা (Mining)

খনিতে বিভিন্ন কাজে যে-সকল বিভিন্ন ধরনের মোটর ব্যবহার করা হয়, তাহাদের আবারও মধ্যস্থিয়া আগুন বাহাতে বাহিরে আসিতে না পারে সেইরূপ বন্দোবস্ত থাকা একান্ত প্রয়োজন; বিশেষতঃ কম্যুটেটার আর স্লিপ-রিং যদি এইরূপ আবারওর দ্বারা ঢাকিয়া দেওয়া না থাকে, তবে বিপদ ঘটবার আশঙ্কা অনিবার্য হইয়া ওঠে। ১০ অশ্ব-শক্তি পর্যন্ত ক্ষমতাসম্পন্ন মোটরগুলি সাধারণতঃ এ. সি. ইণ্ডাকশন মোটর হয়, কিন্তু বড় বড় মোটরগুলি অধিকাংশ ক্ষেত্রেই ডি. সি. সাণ্ট অথবা কম্পাউণ্ড মোটর হইয়া থাকে।

খনির ভিতর হাওয়া চলাচলের জন্য যে-সকল পাথার ব্যবস্থা করা থাকে, তাহাদের সাধারণতঃ সাণ্ট অথবা কম্পাউণ্ড মোটরের সাহায্যে ঘুরানো হয়। সাণ্ট ফীল্ডের উদ্বেজন প্রয়োজনমত কম অথবা বেশী করিয়া এই সকল মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা যায়। আর খনির ভিতর লোকজন অথবা মালপত্র নামাইবার কিংবা খনি হইতে তাহাদের উপরে তুলিবার কাজে যে-সকল খাঁচা (cage) ব্যবহার করা হয়, তাহাদের পরিচালনার জন্য ফ্লাই হুইল সহ দুইটি ডি. সি. মোটর দ্বিগুণে সংযুক্ত করা থাকে। এই দুইটি মোটরের ফীল্ড সাধারণতঃ সেপারেটলি এক্সাইটেড হয়, আর তাহাদের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করিবার জন্য ওয়ার্ড লিওনার্ড পদ্ধতি ব্যবহার করা চলে।

কয়লা কাটিবার সময় কিংবা বারুদের সাহায্যে বিস্ফোরণ ঘটাইবার জন্য গর্ত খুঁড়িবার কাজে মোটরের লোড কম-বেশী হয় বলিয়া ডি. সি. কম্পাউণ্ড মোটরই এই কাজের পক্ষে উপযোগী। আবার 'ব্যাণ্ড কন্ভেয়ার' (band conveyers) পরিচালনার জন্য মোটরের গতিবেগ অপরিবর্তিত থাকা প্রয়োজন; তাই এই কাজে সাণ্ট মোটর ব্যবহার করাই বেশী সুবিধাজনক। তাহা ছাড়া কোন কোন খনির ভিতরে মাটির নীচ হইতে অনবরত জল উঠিতে আরম্ভ করে। তখন সেই জল অপসারণ করিবার জন্য যে পাম্প ব্যবহার করা হয়, তাহাও সাধারণতঃ ডি. সি. সাণ্ট মোটরের সাহায্যেই পরিচালিত হইয়া থাকে।

(১০) পলিবহণ ব্যবস্থা পরিচালনা (Electric Traction)

ট্রাম গাড়ী, ট্রলি বাস, বৈদ্যুতিক ট্রেন, পাতাল রেল প্রভৃতি পরিচালনার জন্য যে-সকল মোটর ব্যবহার করা হয়, চালু করিবার সময় তাহাদের আর্মেচারে বেশী পরিমাণ জ্বর্ণক উৎপন্ন হওয়া প্রয়োজন। মোটরে যত বেশী লোড পড়িবে, উহার জ্বর্ণক তত

বেশী বুদ্ধি পাইবে, আর সেই সঙ্গে উহার গতিবেগও আপনা হইতে কমিতে আরম্ভ করিবে। তাহা ছাড়া খুব দ্রুত আর সমানভাবে গতিবেগ পরিবর্তন করিবার পক্ষেও এই সকল মোটর উপযুক্ত হওয়া চাই। তাই বর্তমানে প্রায় সকল দেশেই পরিবহন ব্যবস্থা পরিচালনার জন্য ডি. সি. সিরিজ অথবা কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করা হইয়া থাকে। এ. সি. মোটর এই কাজের পক্ষে বিশেষ উপযোগী নহে। লোড যেখানে খুব বেশী পরিমাণে বাড়ে-কমে, অথবা মোটরকে যেখানে অধিকাংশ সময় পূরা লোডে কিংবা তাহা অপেক্ষাও কিছুটা বেশী লোডে চলিতে হয়, সেখানে আবার সিরিজ মোটরের পরিবর্তে কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করিলেই কাজের পক্ষে তাহা বেশী সুবিধাজনক হয়। মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা যায় বিভিন্ন উপায়ে। একসঙ্গে পরিচালিত একাধিক মোটরের ক্ষেত্রে সিরিজ-প্যারালেল নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থাই অধিক প্রচলিত, আর এই সকল কাজে মোটরের গতিবেগ সাধারণতঃ কন্ট্রোলারের সাহায্যে পরিচালিত মাস্টার কন্ট্রোলারের সাহায্যেই নিয়ন্ত্রণ করা হইয়া থাকে।

প্রশ্নমালা

১। স্থাপন করিবার পূর্বে একটি ডি. সি. মেসিনের কি কি পরীক্ষা করিয়া দেখা প্রয়োজন? চিত্র অঙ্কন করিয়া যে-কোন দুইটি পরীক্ষা সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

২। ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন এবং ভারতীয় মানক সংহার নির্দেশ অনুযায়ী একটি ডি. সি. মেসিনের সর্বনিম্ন ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স কত হওয়া উচিত? কোন মেসিনের ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স নির্দিষ্ট পরিমাণ অপেক্ষা কম থাকিলে তাহা বুদ্ধি করিবার জন্য কি ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয়?

৩। কি কি উপায়ে একটি ডি. সি. মেসিনের সর্বোচ্চ তাপমাত্রা নির্ণয় করা যায় তাহা বুঝিয়া বল। এই তাপমাত্রা কিসের উপর নির্ভর করে?

৪। ভারতীয় মানক সংহার নির্দেশ অনুযায়ী একটি ডি. সি. মেসিনের ভূমি-সংযোগ ব্যবস্থা কিরূপ থাকে তাহা একটি চিত্র অঙ্কন করিয়া বুঝাও। কোন সংস্থাপনের সর্বোচ্চ আর্থ রেজিস্ট্যান্স কত হওয়া উচিত তাহা কিভাবে জানা যায়? আর্থের রেজিস্ট্যান্স বেশী হইলে তাহা কমাইবার জন্য কি কি ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয়?

৫। আর্থের রেজিস্ট্যান্স কোন্ যন্ত্রের সাহায্যে মাপা যায়? একটি পরিষ্কার নক্সা অঙ্কন করিয়া এই যন্ত্রের সাহায্যে আর্থের রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় করিবার পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

৬। চালু থাকাকালীন কি কি উপায়ে একটি ডি. সি. মেসিনের যত্ন লওয়া হয় তাহা বল, এবং মাঝে মাঝে মেসিনকে পরীক্ষা করিয়া দেখা উচিত কেন তাহার ব্যাখ্যা কর।

৭। একটি মাঝারি চাপের ডি. সি. মোটর ওয়্যারিং করিবার সময় ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন এবং ভারতীয় মানক সংহার যে-সকল নির্দেশ মানিয়া চলিতে হয় তাহাদের উল্লেখ কর।

৮।(ক) ৩০ অংশশক্তি ৪৪০-ভোল্ট ডি সি মটরের প্রয়োজনীয় হুইচের স্পেসিফিকেশন লেখ।

(খ) ইনস্টলেশনের পূর্বে একটি মটরের ইন্সটলেশন রেজিস্ট্যান্স যাচা হইবার কথা তাহা অপেক্ষা যদি কম হয় তাহা হইলে উহার উন্নতির জন্ত কি করিবে? উহা করিতে কি প্রিকশান লইবে?

একটি ৩০ অংশশক্তি ৪৪০-ভোল্ট মটরের ইন্সটলেশন রেজিস্ট্যান্স-এর কত সর্বনিম্ন মান তোমার নিকট সম্ভাব্যজনক হইবে?

৯। ইণ্ডিয়ান ইলেকট্রিসিটি রুল অনুযায়ী একটি ১০ এইচ পি, ৪৪০ ভোল্ট ডি সি মোটর বসাইবার জন্ত কি ব্যবস্থা অবলম্বন করিবে তাহা একটি নিখুঁত চিত্র অঙ্কনের সাহায্যে উহার সম্পূর্ণ স্থাপন কৌশল দেখাও।

১০। একটি ৪৪০-ভোল্ট, ২০ এইচ, পি, সাণ্ট মটরের ফুল লোড এফিসিয়েন্সি ৮৫%। প্রমাণ কর যে, ৩/০'২২ ভি, আই, আর, তার এই মেশিনের ওয়্যারিংয়ের পক্ষে অল্পযোগ্য।

উপরি-উল্লিখিত মটরটির স্থাপন-কৌশলের একটি নক্সা অঙ্কন কর এবং উহাতে আই, ই, রুল অনুসারে কি কি নিয়ম পালন করিতে হইবে তাহা ঐ নক্সায় দেখাও।

১১। যদি কোন কারখানায় ৪৪০ ভোল্টস্ ডি, সি, সাপ্লাই পাওয়া যায় তবে লাইন স্নাক্‌ট চালাইতে গেলে কি প্রকার মোটর ব্যবহার করিবে? কেন?

যদি ঐ কারখানায় ১০ অংশশক্তির প্রয়োজন হয় তবে ঐরূপ একটি মোটর বসাইতে যে যে দ্রব্যের প্রয়োজন হইবে তাহার একটি পূর্ণ তালিকা প্রস্তুত কর। মোটরটির জন্ত আনু্য ৩০ ফুট লম্বা লাইন ও ৬টি বেগুস লাগিতে পারে। মোটরটির এফিসিয়েন্সি ৮৫% ধর।

১২। আটা-চাকির জন্ত ১৫ অংশ-শক্তি সম্পন্ন ৪৪০ ভোল্টের ডি সি মোটর বসাইতে হইলে ১৯৫৬ সালের ভারতীয় ইলেকট্রিসিটি আইন অনুযায়ী কি কি বিষয়ে বিবেচনা করিতে হইবে?

১৩। একটি ট্রাম গাড়ীর “ট্রাকশন মোটর” (অর্থাৎ যে মোটর দ্বারা ট্রামটি চালিত হয়) ডি সি তে চলে। মোটরটি চলিবার সময় পুড়িয়া নষ্ট হইয়া যায়। উহার পর রিপেয়ার শপ্-এ মোটরটি সারান হয়। সারাইবার পর উক্ত মোটরটি ট্রাম গাড়ীতে লাগাইবার (অর্থাৎ ফিট করিবার) পূর্বে রিপেয়ার শপ্-এ মোটরটি কিরূপে এবং কি কি প্রকারে টেস্ট করিবে? যে-সকল টেস্ট করিবে তাহা সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

১৪। Electric line-এর earthing এবং electric apparatus-এর earth-ing—এই দুইটির কি পার্থক্য বুঝাইয়া দাও এবং ইহাদের উদ্দেশ্য কি তাহাও উল্লেখ কর।

একটি D. C. motor-এর earthing সম্ভাবজনক কিনা তাহা কিরূপে নিরূপণ করিবে এবং Earthing Resistance-এর মান (value) কত হইবে ?

[সরবরাহ লাইনের কোন অংশে বিদ্যুৎবাহী তার ভূমির সংস্পর্শে আসিলে ঐ লাইনের বাহাতে কোন ক্ষতি হইতে না পারে সেইজন্য যে-সকল সতর্কতামূলক ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয়, তাহাকেই “লাইনের আর্থিং করা” বলে। ভূমির সহিত সংযোগের দরুন যে ধরনের বিপদ দেখা দেওয়ার সম্ভাবনা থাকে, আর্থিং ব্যবস্থা তাহা হইতে লাইনকে রক্ষা করে। তাহা ছাড়া আর্থিং ব্যবস্থা লাইনের প্রতিটি বিদ্যুৎবাহী তার আর ভূমির মধ্যে তড়িৎ-চাপের পরিমাণ এতটা সীমাবদ্ধ রাখে বাহাতে এই চাপ বৃদ্ধি পাইয়া লাইনের ইনসুলেটরের পক্ষে উপযোগী তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা বেশী হইয়া উঠিতে না পারে (earthing of an electric line is to give protection against “earth-faults” on the system and to preserve the security of the system by ensuring that the voltage on each line-conductor is restricted to such a value with respect to the potential of the general mass of the earth as is consistent with the level of insulation applied) ।

বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি আর সরঞ্জামের ধাতু নির্মিত বহিরাবরণের তড়িৎ-বিভব উত্থানের চারিপাশে অবস্থিত অন্যান্য বস্তুর তুলনায় যখন এত বেশী হইয়া দাঁড়ায় যে, ঐ সকল আবরণের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহের দরুন কোন ব্যক্তির প্রাণহানী ঘটবার কিংবা আগুন লাগিবার সম্ভাবনা দেখা দেয়, তখন বাহাতে যন্ত্রপাতির সহিত তড়িৎ-প্রবাহের সংযোগ স্থনিশ্চিতভাবে বিচ্ছিন্ন করিয়া দিয়া বর্তনীর ফিউজ-তার পুড়িয়া যাইতে কিংবা সার্কিট ব্রেকার খুলিয়া পড়িতে পারে সেইরূপ কোন বন্দোবস্ত থাকা একান্ত আবশ্যক। এই প্রকার বন্দোবস্তকেই “যন্ত্রপাতির আর্থিং করা” বলে (earthing of any electric apparatus is to ensure “effective operation” of the protective gear in the event of leakage through such metal work, the potential of which with respect to neighbouring objects may attain a value which would cause danger to life or risk of fire) ।

আর্থিং সম্ভাবজনক হইয়াছে কিনা তাহা পরীক্ষা করিবার উপায় এবং আর্থিং রেজিস্ট্যান্সের মান কত হওয়া উচিত সেই সম্বন্ধে ইতিপূর্বে বিস্তারিত আলোচনা করা হইয়াছে।

নবম পত্রিচ্ছেদ

অনুবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহের বণ্টন ব্যবস্থা

(D. C. Distribution System)

বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপাদন এবং বণ্টনের কাজে বর্তমানে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই পরিবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ ব্যবহার করা হইয়া থাকে। পরিবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ ব্যবহারের একটি বড় সুবিধা এই যে, ট্রান্সফরমারের সাহায্যে লাইনের ভল্ট-চাপ প্রয়োজনমত বাড়ানো অথবা কমানো চলে; কিন্তু অনুবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহের ভল্ট-চাপ এত সহজে বাড়াইবার বা কমানাইবার মত কোন যন্ত্র এখন পর্যন্ত আবিষ্কৃত হয় নাই। তাই উৎপাদন কেন্দ্র হইতে অনেক দূরে অবস্থিত কোন জায়গায় অনুবর্তী প্রবাহের সাহায্যে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিতে গেলে অধিক দিক দিয়া তাৎ কখনই সুবিধাজনক হয় না। বিদ্যুৎ উৎপাদন, এক স্থান হইতে অন্য স্থানে প্রেরণ এবং বণ্টনের কাজে আজকাল যে পদ্ধতি অবলম্বন করা হয় তাহা এইরূপ :—

সাধারণতঃ সহর কিংবা শিল্পাঞ্চলের নিকট একটি বিরাট আকারের উৎপাদন কেন্দ্র নির্মাণ করিয়া সেখানে উচ্চ চাপে পরিবর্তী বৈদ্যুতিক শক্তি প্রচুর পরিমাণে উৎপন্ন করা হয়। পরে সেই শক্তি উচ্চ অথবা অতি-উচ্চ ভল্ট-চাপে উপযুক্ত ট্রান্সমিশন লাইনের (transmission lines) সাহায্যে নিকটে এবং দূরের নানান স্থানে পাঠানো হইয়া থাকে। বণ্টনের সময় কিন্তু আবার এই চাপকে কমানিয়া লোড-সার্কিটের উপযোগী করিতে হয়। তখন গ্রাহকের চাহিদা অনুযায়ী লাইনের ভোল্টেজ কোথায়ও উচ্চ, কোথায়ও মধ্যম, কোথায়ও বা নিম্ন চাপে রাখা থাকে।

কিন্তু লোড-সার্কিট যে সর্বত্রই এ. সি. দ্বারা পরিচালিত হইবে, এমন কোন কথা নাই। ব্যাটারি চার্জ করা, ভল্ট-বিশ্লেষণ (electrolysis) প্রভৃতি কাজে কেবলমাত্র অনুবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ ব্যবহার করা চলে। তাহা ছাড়া এমন অনেক বস্তুপাতি আছে যাহাদের পরিচালনার জন্য এ. সি. মোটর অপেক্ষা ডি. সি. মোটর ব্যবহার করাই বেশী সুবিধাজনক। এই সকল কাজের জন্য যেখানে ডি. সি. সরবরাহের প্রয়োজন হয়, সেখানেও কিন্তু অধিকাংশ ক্ষেত্রে অনুবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ উৎপাদনের পরিবর্তে পরিবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ উৎপাদন করিয়া পরে সেই প্রবাহকে রোটরি কনভার্টার, মার্কিউরি আর্ক রেকটিফায়ার প্রভৃতির সাহায্যে অনুবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহে রূপান্তরিত করা হয়। ইহার প্রধান কারণ জেনারেটরের সাহায্যে ডি. সি. উৎপাদন করিতে বড় খরচ পড়ে, এ. সি. শক্তিকে ডি. সি. শক্তিতে রূপান্তরিত করিতে খরচ পড়ে তাহা অপেক্ষা অনেক কম।

লাইনের ভোল্টেজ বড় বেশী হয়, তত বেশী সুর ভার দিয়া লাইন টানা যায়। কিন্তু গৃহস্থালির কাজের পক্ষে উচ্চ অথবা মাঝারি চাপ অনেক সময় বিপদের কারণ হইয়া থাকে। সেইজন্য বাড়ী বাড়ী বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার সময় সাধারণতঃ নিম্নচাপের লাইন

হইতেই ঐ সরবরাহ দেওয়া হয়। থাকে। তবে পাশ্চ, লিফট প্রভৃতি পরিচালনার জন্য বেশী শক্তির প্রয়োজন হইলে ঐ সকল কাজে মাঝারি চাপের উপযোগী মোটরও ব্যবহার করা হয়। অল্পবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহের ক্ষেত্রে আমাদের দেশে বাতি, পাখা প্রভৃতি পরিচালনার জন্য লাইনের তড়িৎ-চাপ সাধারণতঃ ২২০ অথবা ২২৫ ভোল্টে রাখা থাকে। সহরের ট্রাম-গাড়ী অথবা ট্রলি বাস চলে ৬০০ ভোল্ট তড়িৎ-চাপে, আর বৈদ্যুতিক ট্রেনের জন্য অধিকাংশ স্থলে ব্যবহার করা হয় ৩০০০ ভোল্ট তড়িৎ-চাপ।

৯-১। বিদ্যুৎ বণ্টনের জন্য ব্যবহৃত পরিবাহী (Feeders for the Distribution System)

অল্পবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ বণ্টন করিবার জন্য যে-সকল পরিবাহী ব্যবহার করা হয়, তাহাদের আয়তন নির্ণয় করিবার সময় চারিটি বিষয়ে লক্ষ্য রাখা দরকার :—

১। পরিবাহীর আয়তন এমন হওয়া চাই যাহাতে উহা অতিরিক্ত গরম না হইয়া লোডের জন্য নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ-প্রবাহ অনবরত বহন করিতে পারে। বিশেষতঃ ঘরের ভিতরে কিংবা কারখানায় যদি এমন পদার্থ রাখা থাকে যাহা ঋব সহজে জলিয়া ওঠে, তবে ঐ সকল জায়গায় ওয়্যারিং করিবার সময় এই বিষয়ে সচেতন হওয়া একান্ত আবশ্যক।

২। লোড-সারাকিটে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার সময়ে পরিবাহীতে তড়িৎ-চাপের পতন যেন নির্দিষ্ট পরিমাণ অপেক্ষা বেশী না হয়। তড়িৎ-চাপের পতন বেশী হইলে কোন লোডই ঠিকমত কাজ করিতে পারে না; বিশেষতঃ বাতিগুলি তখন খুবই কম জ্বরে জলিতে থাকে। ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৫৪নং নিয়ম অনুযায়ী লাইনে তড়িৎ-চাপের পতন মাঝারি ও নিম্ন তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে ঘোষিত তড়িৎ-চাপের শতকরা ছয়ভাগ অপেক্ষা বেশী হওয়া চলিবে না।

৩। ব্যবহারের পক্ষে পরিবাহী যথেষ্ট মজবুত হওয়া প্রয়োজন। খোলা জায়গায় পোলের উপর দিয়া যে তার টানা হয়, বাতানের চাপে কিংবা ঝড় ঝুটিতে তাহা বাহাতে সহজে ছিঁড়িয়া না যায় সেইভাবে শক্ত করিয়া তৈরী করা দরকার।

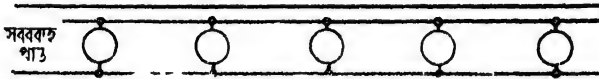
৪। বণ্টন ব্যবস্থার পরিকল্পনা তৈরী করিবার সময় খরচের দিক অবশ্যই বিবেচনা করিতে হয়। মোটা তার ব্যবহার করিলে খরচ বেশী পড়ে বটে, তবে ইহাতে আবার তড়িৎ-শক্তির অপচয়ও কম ঘটে। সেইজন্য তারের আয়তন এমন হওয়া চাই যাহাতে লাইন টানিবার জন্য মোট যত টাকা খরচ হয় তাহার স্বেদ এবং লাইনে যতটা শক্তির অপচয় ঘটে তাহার দাম একত্র করিলে সেই টাকার পরিমাণ সর্বাপেক্ষা কম হয়। কিন্তু উপরের প্রথম তিনটি সর্ত পূরণ করিবার সময় অনেক ক্ষেত্রেই আবার এই হিসাবের কিছুটা পরিবর্তন করিবার প্রয়োজন দেখা দেয়।

৯-২। সরবরাহ ব্যবস্থার বিভিন্ন পদ্ধতি (Different Systems of Feeding)

সরবরাহ লাইনের এক বা একাধিক স্থানে লোডগুলি কেন্দ্রীভূত অবস্থায় থাকিতে পারে, আবার লাইনের সকল অংশেই লোডগুলিকে সমান অথবা অসমানভাবে সংযুক্ত

রাখা চলে। অনেক ক্ষেত্রে পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদ এক প্রান্ত হইতে অল্প প্রান্ত পর্বন্ত সমান থাকে। লাইন যেখানে কম লম্বা আর তড়িৎ-চাপের পতন যেখানে খুব কম, কেবলমাত্র সেইখানেই এই ধরনের পরিবাহী ব্যবহার করা যায়। পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদ যদি মোটা হইতে ক্রমশঃ সমানভাবে সরু হইয়া আসে (uniformly tapered), তবে তড়িৎ-চাপের পতন অপরিবর্তিত থাকিলেও সেই পরিবাহীর সাহায্যে লাইন টানিতে সর্বাপেক্ষা কম খরচ পড়ে। কিন্তু কার্যক্ষেত্রে এই ধরনের কোন পরিবাহী তৈরী করা সম্ভব নহে। তাই সাধারণতঃ লাইনের যে অংশ দিয়া বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হয় সেই অংশে মোটা তার, আর কারেন্টের পরিমাণ যেখানে কম সেখানে অপেক্ষাকৃত সরু তার ব্যবহার করা হয়।

প্রত্যেকটি লোডের প্রান্তে তড়িৎ-চাপ সমান রাখিবার জন্য অনেক সময় বেশী মোটা তারের পরিবর্তে 'রিটার্ন লুপ' (return loop) অথবা 'অ্যান্টি প্যারালেল' (anti-parallel) পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। ইহাতে লাইনের একটি তার লোডের একদিকের প্রান্তে আর অন্য একটি তার অন্যদিকের প্রান্তে সংযুক্ত করা থাকে (১৮০নং চিত্র)। এইরূপ সংযোগের ফলে প্রত্যেকটি লোড সমান ভোল্টেজে পরিচালিত

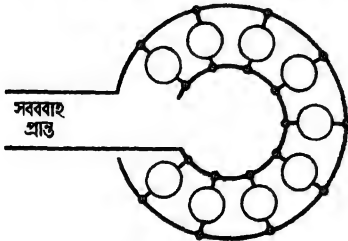


বিটার্ন লুপ অথবা অ্যান্টি-প্যারালেল পদ্ধতি

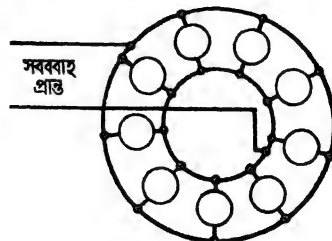
১৮০নং চিত্র

হইলেও পরিবাহীতে তড়িৎ-চাপের পতন (voltage drop) কিন্তু খুব বেশী হইতে পারে। তাহা ছাড়া রিটার্ন লুপের জন্য অতিরিক্ত তারের প্রয়োজন হয় বলিয়া খরচও বেশী পড়ে। তাই এই পদ্ধতির বিশেষ প্রচলন নাই।

১৮১(ক)নং চিত্রে যেরূপ দেখানো হইয়াছে সেইভাবে লোড-সার্কিটে সরবরাহ দিলে 'রিটার্ন লুপ' ব্যবহারের অসুবিধা অনেকাংশে দূর করা যায়। ই-স্পিরালিতে ইহাকে 'ওপন-স্পাইর্যাল' (open-spiral) পদ্ধতি বলে। সরবরাহ ব্যবস্থা শাঁকের মত



(ক) ওপন-স্পাইর্যাল পদ্ধতি



(খ) বন্ধ-লুপ পদ্ধতি

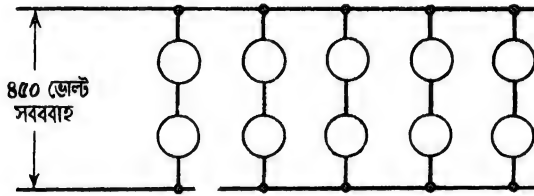
১৮১নং চিত্র

পেঁগাল বলিয়াই ইহার এইরূপ নাম দেওয়া হইয়াছে। সিনেমা অথবা রক্তালয়ে দর্শকদের বসিবার স্থানের বাতিগুলি সাধারণতঃ একত্রে জালানো অথবা একত্রে নিভানো হয়।

তাই ঐ সকল বাতির জন্য এই সরবরাহ ব্যবস্থা অতিশয় উপযোগী। অনেক সময় স্পাইয়্যাল পদ্ধতির খোলা মুখ বন্ধ করিয়া দিয়া 'বন্ধ-লুপ' (closed-loop) পদ্ধতির সাহায্যেও বিদ্যুৎ সরবরাহ দেওয়া যায়। ইহা ১৮১(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

(১) সিরিজ-প্যার্যালেল পদ্ধতি (Series-Parallel System)

সরবরাহ লাইনের তড়িৎ-চাপ যদি দ্বিগুণ করা যায়, তবে একই বৈদ্যুতিক শক্তির জন্য লাইন দিয়া অর্ধেক পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হইতে থাকে। ইহাতে অপেক্ষাকৃত সৰু তার দিয়া লাইন টানা যায়, আর তখন তারের ওজন পূর্বকার ওজনের তুলনায় চারি ভাগের একভাগ মত হয়। ২২৫-ভোল্ট তড়িৎ-চাপের উপযোগী দুইটি দুইটি বাতি সিরিজে সংযুক্ত করিয়া যদি ৪৫০-ভোল্ট লাইনে ব্যবহার করা হয়, তবে ২২৫-ভোল্ট লাইনের জন্য যত মোটা তারের প্রয়োজন হয়, ৪৫০-ভোল্ট লাইনের তার তাহার প্রায় অর্ধেকের সমান মোটা রাখিলেই চলে। কিন্তু বাতি এইভাবে সংযুক্ত থাকিলে কতকগুলি অসুবিধাও আবাদ দেখা দেয়। যে দুইটি বাতি সিরিজে সংযুক্ত থাকে, তাহাদের একই সঙ্গে জ্বলাইতে অথবা নিভাইতে হয়, একটি বাতি পুড়িয়া কিংবা নষ্ট হইয়া গেলে অল্পটি জ্বলিতে পাবে না, আর সর্বোপরি বাতি দুইটি



সিরিজ-প্যার্যালেল পদ্ধতিতে বাতির সংযোগ

১৮২নং চিত্র

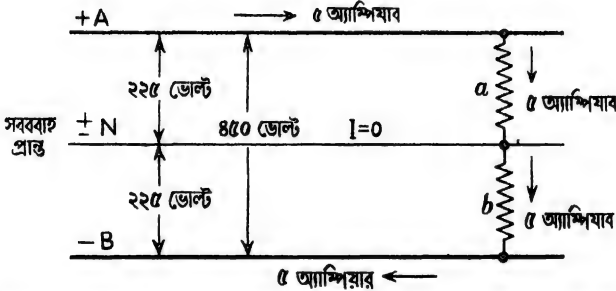
যাহাতে তাহাদের ক্ষমতা অনুযায়ী ঠিকমত মালো দিতে পারে সেইজন্য প্রত্যেকটি বাতি একই ভোল্টেজ আর একই কারেন্টের পক্ষে উপযোগী হওয়া চাই। এই সকল অসুবিধার জন্যই লোড-সার্কিটে সিরিজ-প্যার্যালেল পদ্ধতি সাধারণতঃ ব্যবহার করা হয় না।

(২) তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থা (Three-Wire Supply System)

লোড সিরিজ-প্যার্যালেলে সংযুক্ত থাকিলে যে-সকল অসুবিধা দেখা দেয়, লাইনের পজিটিভ ও নেগেটিভ তারের মধ্য দিয়া তৃতীয় একটি তার টানিয়া সরবরাহ দিলে তাহা আর থাকে না। এই তৃতীয় তারটিকে 'নিউট্রাল তার' (neutral wire) বলে, আর পজিটিভ ও নেগেটিভ তারকে তখন বলা হয় 'লাইভ লাইন' (live line)। নিউট্রাল তারের তড়িৎ-বিভব (potential) শূন্য হয় বলিয়া উৎপাদন কেন্দ্রে এই তার সাধারণতঃ মাটির সহিত সংযুক্ত করা থাকে। ইহার সাহায্যে ৪৫০-ভোল্ট লাইনে প্রায় প্রত্যেকটি বাতি ২২৫-ভোল্ট তড়িৎ-চাপে জ্বলিতে পারে।

যদি নিউট্রাল তারের প্রস্থচ্ছেদ লাইভ লাইনের সমান রাখা হয়, তবে ২২৫-ভোল্ট লাইনের তুলনায় ৪৫০-ভোল্ট লাইনে তারের ওজন শতকরা প্রায় ৬২½ ভাগ কম থাকে। কিন্তু অধিকাংশ ক্ষেত্রেই এই তারের প্রস্থচ্ছেদ পজিটিভ অথবা নেগেটিভ লাইনের তুলনায় অনেক কম রাখা হয়।

সাধারণত: অর্ধেক সংখ্যক বাতি পজিটিভ আর নিউট্রাল এবং বাকী অর্ধেক নেগেটিভ আর নিউট্রালের মধ্যে সংযুক্ত থাকে। ইহা ১৮৩নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। চিত্রে পজিটিভ লাইন A-দ্বারা, নেগেটিভ লাইন B-দ্বারা এবং নিউট্রাল লাইন N-দ্বারা চিহ্নিত আছে। A এবং B লাইন দুইটির মধ্যে যখন ৪৫০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপ কাজ করে, তখন তাহাদের যে-কোন একটি এবং নিউট্রালের মধ্যে ২২৫-ভোল্ট তড়িৎ-চাপ পাওয়া যায়। পজিটিভ লাইনের সহিত তুলনা করিলে N নেগেটিভ লাইন হিসাবে কাজ করে, আর নেগেটিভ লাইনের সহিত তুলনা করিলে উহা পজিটিভ লাইন হিসাবে কাজ করে; অর্থাৎ লাইন দিয়া কারেন্ট A হইতে N অভিমুখে আর N হইতে B অভিমুখে প্রবাহিত হয়। এই ব্যবস্থার আরও একটি স্থিতি এই যে,



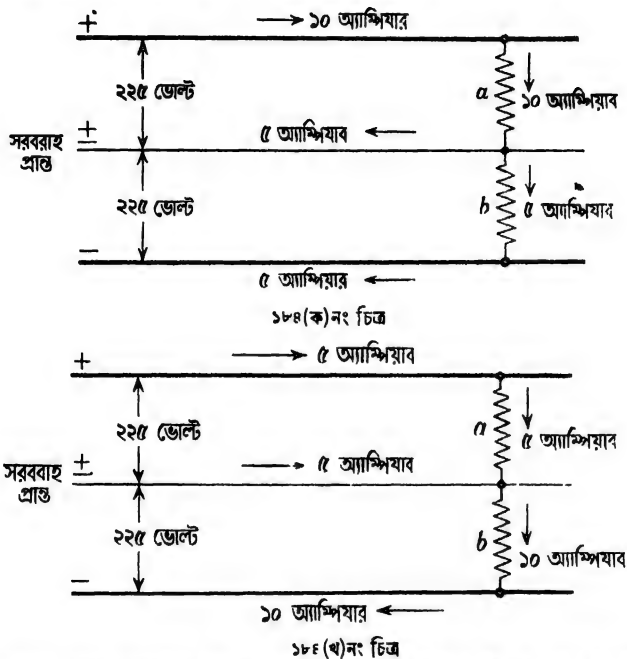
তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থা: নিউট্রালের উভয় পার্শ্বে সমপরিমাণ লোড সংযুক্ত আছে

১৮৩নং চিত্র

দুই রকম ভোল্টেজের সাহায্যে লোড-সারকিটে বিদ্যুৎ সরবরাহ দেওয়া চলে। সাধারণত: বাতি, পাখা এবং অন্যান্য গৃহস্থালির আসবাব ২২৫-ভোল্ট তড়িৎ-চাপে আর মোটরগুলি ৪৫০-ভোল্ট তড়িৎ-চাপে পরিচালিত হইয়া থাকে।

১৮৩নং চিত্রে নিউট্রালের উভয় পার্শ্বে সমপরিমাণ লোড দেখানো হইয়াছে। পজিটিভ লাইন ও নিউট্রালের মধ্যে a-দ্বারা চিহ্নিত লোড আর নেগেটিভ লাইন ও নিউট্রালের মধ্যে b-দ্বারা চিহ্নিত লোড সংযুক্ত আছে এবং উভয় লোডই ε অ্যাম্পিয়ার করিয়া কারেন্ট লইতেছে। সরবরাহ প্রাপ্ত হইতে প্রথমে ε অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট পজিটিভ লাইন দিয়া প্রবাহিত হইয়া লোড-সারকিটে বাইতেছে, পরে সেখান হইতে নেগেটিভ লাইন দিয়া পুনরায় সরবরাহ প্রাপ্তে ফিরিয়া আসিতেছে। এই অবস্থায় নিউট্রাল দিয়া কোন কারেন্ট প্রবাহিত হইবে না।

কিন্তু নিউট্রাল লাইনের উভয় পাশে যদি অসমান লোড থাকে, তবে ঐ লাইন দিয়া কারেন্ট প্রবাহিত হইবে। ইহা ১৮৪(ক) ও ১৮৪(খ)নং চিত্র দুইটিতে দেখানো হইয়াছে। ১৮৪(ক)নং চিত্রে a -দ্বারা চিহ্নিত লোড ১০ অ্যাম্পিয়ার আর b -দ্বারা চিহ্নিত লোড ৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইতেছে। সুতরাং সরবরাহ প্রাপ্ত হইতে পজিটিভ লাইন দিয়া ১০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লোডের দিকে যাইতেছে, আর নেগেটিভ লাইন দিয়া ৫ অ্যাম্পিয়ার ও নিউট্রাল লাইন দিয়া বাকী ৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ প্রাপ্তে ফিরিয়া আসিতেছে। কিন্তু যখন পজিটিভ দিকের লোড



৫ অ্যাম্পিয়ার আর নেগেটিভ দিকের লোড ১০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে, তখন ঠিক ইহার বিপরীত অবস্থা দেখা দেয়। এই অবস্থা ১৮৪(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এখানে পজিটিভ আর নিউট্রাল লাইন দিয়া ৫ অ্যাম্পিয়ার করিয়া কারেন্ট সরবরাহ প্রাপ্ত হইতে লোডের দিকে যাইতেছে, আর নেগেটিভ লাইন দিয়া ১০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট পুনরায় সরবরাহ প্রাপ্তে ফিরিয়া আসিতেছে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, লোডের পরিমাণ অসমান থাকিলে নিউট্রাল দিয়া কারেন্ট যে-কোন দিকেই প্রবাহিত হইতে পারে। সেইজন্য নিউট্রাল লাইনে কোন অ্যাম্পিয়ার সংযুক্ত করিতে হইলে ঐ মিটারে শূন্য-সংখ্যা স্থলের ঠিক মধ্যস্থলে থাকা দরকার। সরবরাহ প্রাপ্ত হইতে কারেন্ট লোডের দিকে যাইবার সময় মিটারের কাঁটা শূন্যের একদিকে আর লোড হইতে কারেন্ট সরবরাহ প্রাপ্তের দিকে ফিরিয়া আসিবার সময় মিটারের

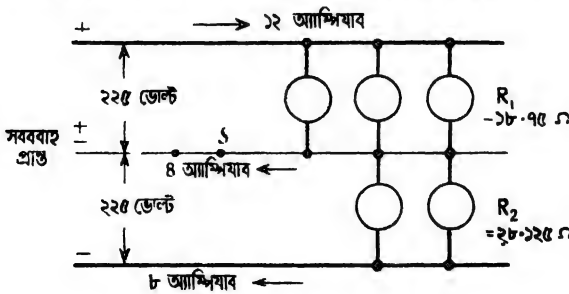
কাটা শূন্যের আর একদিকে নির্দেশ করিবে। পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইনের তড়িৎ-প্রবাহের মধ্যে যে-পার্থক্য থাকে তাহাই নিউট্রাল লাইন দিয়া প্রবাহিত হয় বলিয়া শেষোক্ত লাইনকে খুব সামান্য কারেন্টই বহন করিতে হয়। সেইজন্য লাইড লাইনের তুলনায় এই লাইনের তারের প্রস্থচ্ছেদ অনেক কম রাখিলেই চলে, অনেক সময় এই প্রস্থচ্ছেদ প্রায় অর্ধেক রাখা থাকে।

নিউট্রাল লাইনের উভয় পার্শ্বে লোডের পরিমাণ বাহাতে সমান থাকে, বিদ্যুৎ বণ্টনের সময় সাধারণতঃ সেই চেষ্টাই করা হয়। তবে অনেক সময় একদিকে কিছুটা বেশী লোড সংযুক্ত করা একান্তই অপরিহার্য হইয়া ওঠে। তখন বণ্টন ব্যবস্থা বদ হইলে লোডের এই অসমতা শতকরা ১০ ভাগ আর ছোট ছোট বণ্টন ব্যবস্থায় তাহা শতকরা ২৫ ভাগ পর্যন্ত রাখা যায়।

সরবরাহ প্রান্তের সহিত নিউট্রাল তারের সংযোগ বজায় রাখা প্রয়োজন কেন

বণ্টন ব্যবস্থায় কোথায়ও নিউট্রাল তারের সংযোগ বাহাতে খোলা না থাকে সেই বিষয়ে লক্ষ্য রাখা অতিশয় প্রয়োজন। নিউট্রাল লাইনের উভয় পার্শ্বে লোডের পরিমাণ যদি অসমান থাকে, তবে ঐ লাইনের সংযোগ খুলিয়া যাইবার সঙ্গে সঙ্গে যে-দিকে লোড বেশী থাকিবে সেই দিকের তড়িৎ-চাপ অনেকখানি কমিয়া যাইবে, আর একই সঙ্গে অন্যদিকের তড়িৎ-চাপ উল্লেখযোগ্য পরিমাণে বৃদ্ধি পাইবে। ইহাতে একদিকের লোড তড়িৎ-চাপ কম হওয়ার জন্য যেমন ঠিকমত কাজ করিবে না, অন্যদিকের লোড তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য তেমনি পুড়িয়া বা নষ্ট হইয়া যাইবে। নিম্নে একটি উদাহরণের সাহায্যে লোড-সার্কিটের এই অবস্থা বুঝানো হইল :—

মনে কর, একটি তিন-তাবের সরবরাহ ব্যবস্থায় নিউট্রাল তারের উভয় পার্শ্বে কতকগুলি করিয়া বাতি সংযুক্ত আছে। ইহা ১৮৫ নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। পজিটিভ লাইন



আর নিউট্রালের মধ্যে ৩টি বাতি সংযুক্ত আছে এবং প্রত্যেকটি বাতি ৪ অ্যাম্পিয়ার হিসাবে ১২ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লইতেছে। সেইরূপ, নেগেটিভ লাইন আর নিউট্রালের মধ্যে ২টি বাতি সংযুক্ত থাকার জন্য নেগেটিভ লাইন দিয়া ৮ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত

হইতেছে। যদি প্রত্যেকটি বাতি ২২৫ ভোল্ট তড়িৎ-চাপের উপযোগী হয়, তবে পজিটিভ লাইন আর নিউট্রালের মধ্যে সংযুক্ত লোডের সমবেত রেজিস্ট্যান্স

$$R_1 = \frac{225}{12} = 18.75 \text{ ওহম}$$

হইবে। সেইরূপ, নেগেটিভ লাইন আর নিউট্রালের মধ্যে সংযুক্ত লোডের সমবেত রেজিস্ট্যান্স

$$R_2 = \frac{225}{8} = 28.125 \text{ ওহম}$$

হইবে। এখন সরবরাহ ব্যবস্থার S দ্বারা চিহ্নিত অংশে যদি নিউট্রাল তারটি খুলিয়া যায়, তবে R_1 ও R_2 সিরিজে সংযুক্ত হইবে এবং তাহাদের মধ্য দিয়া একই কারেন্ট প্রবাহিত হইবে। তখন পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইনের মধ্যে মোট রেজিস্ট্যান্স

$$R = R_1 + R_2 = 18.75 + 28.125 = 46.875 \text{ ওহম}$$

থাকিবে, এবং ঐ রেজিস্ট্যান্সের দুই প্রান্তের মধ্যে ৪৫০ ভোল্ট তড়িৎ-চাপ (V) কাজ করিবে। অতএব লাইনের কারেন্ট

$$I = \frac{V}{R} = \frac{450}{46.875} = 9.6 \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

হইবে। এই অবস্থায় R_1 -এর টার্মিনালে তড়িৎ-চাপ

$$V_1 = IR_1 = 9.6 \times 18.75 = 180 \text{ ভোল্ট}$$

আর R_2 -এর টার্মিনালে তড়িৎ-চাপ

$$V_2 = IR_2 = 9.6 \times 28.125 = 270 \text{ ভোল্ট}$$

হইবে। সুতরাং পজিটিভ লাইন আর নিউট্রালের মধ্যে সংযুক্ত বাতিগুলি অপেক্ষাকৃত কম ভোল্টেজে জ্বলিবে এবং তাহাদের আলোর পরিমাণও অনেকখানি কমিয়া যাইবে। অন্যদিকে নেগেটিভ লাইন আর নিউট্রালের মধ্যে তড়িৎ-চাপ উল্লেখযোগ্য পরিমাণে বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য দুই লাইনের মধ্যে সংযুক্ত বাতিগুলির খুব শীঘ্রই পুড়িয়া যাওয়ার সম্ভাবনা দেখা দিবে। এই কারণেই তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় নিউট্রাল লাইনকে সর্বদা ভূমির সহিত সংযুক্ত করিয়া রাখা হয়, আর যেখানে সারকিট ব্রেকার ব্যবহার করা হয়, সেখানেও নিউট্রাল লাইন সারকিট ব্রেকারের কন্টাক্টের সহিত যুক্ত না থাকিয়া সরাসরি নিউট্রাল বাস-বারের সহিত সংযুক্ত থাকে। এমন কি বাড়ীর ওয়্যারিং করিবার সময়ও আজকাল নিউট্রাল লাইনে কোন ফিউজ-তার ব্যবহার করা হয় না।

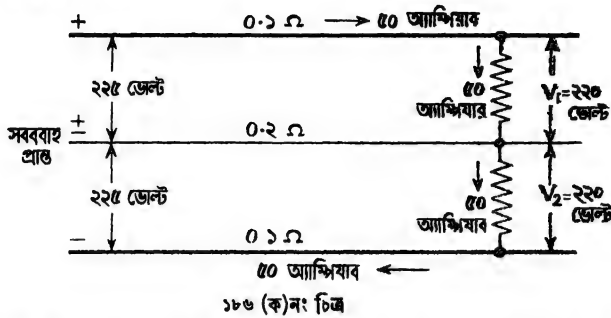
নিউট্রাল তারের উভয় পার্শ্বে ভোল্টেজ অসমান হয় কেন

তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় নিউট্রাল তারের উভয় পার্শ্বে লোডের পরিমাণ সমান না থাকিলে তড়িৎ-চাপের মধ্যেও অনেকখানি পার্থক্য দেখা দিতে পারে। ইহা ১৮৬(ক) এবং ১৮৬(খ)নং চিত্র দুইটির সাহায্যে বুঝানো হইয়াছে। ১৮৬(ক)নং চিত্রে নিউট্রাল তারের উভয় পার্শ্বেই ৫০ অ্যাম্পিয়ার করিয়া কারেন্ট প্রবাহিত হইতেছে

এইরূপ দেখানো হইয়াছে। এখানে পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইনের প্রত্যেকটির রেজিস্ট্যান্স ০.১Ω , নিউট্রাল লাইনের রেজিস্ট্যান্স ০.২Ω এবং সরবরাহ-প্রান্তে পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইনের মধ্যে তড়িৎ-চাপ ৪৫০ -ভোল্ট আছে। যেহেতু উভয় পার্শ্বে সমপরিমাণ লোড সংযুক্ত আছে, অতএব এই অবস্থায় নিউট্রাল তার দিয়া কোন কারেন্ট প্রবাহিত হইবে না এবং ঐ তারে কোন তড়িৎ-বিভবের পতনও ঘটবে না। সুতরাং লাইভ লাইনের প্রত্যেকটিতে তড়িৎ-চাপের পতন

$$e = ৫০ \times ০.১ = ৫ \text{ ভোল্ট}$$

করিয়া হইবে, আর প্রত্যেকটি লোড-সার্কিটের প্রান্তে ২২০ ভোল্ট করিয়া তড়িৎ-চাপ পাওয়া যাইবে।



এখন মনে কর, ১৮৬(খ)নং চিত্র অস্থায়ী নিউট্রালের উভয় পার্শ্বে লোডের পরিমাণ অসমান রাখা হইল। ইহাতে পজিটিভ লাইনের দিকে ১৫০ অ্যাম্পিয়ার আর নেগেটিভ লাইনের দিকে ৫০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হইবে। সুতরাং পজিটিভ লাইনে তড়িৎ-চাপের পতন

$$e_1 = ১৫০ \times ০.১ = ১৫ \text{ ভোল্ট}$$

আর নিউট্রাল লাইনে তড়িৎ-চাপের পতন

$$e_0 = ১০০ \times ০.২ = ২০ \text{ ভোল্ট}$$

হইবে, এবং পজিটিভ লাইনের দিকে লোডের প্রান্তে তড়িৎ-চাপ

$$V_1 = ২২৫ - ১৫ - ২০ = ১৯০ \text{ ভোল্ট}$$

পাওয়া যাইবে। সেইরূপ, নেগেটিভ লাইনে তড়িৎ-চাপের পতন

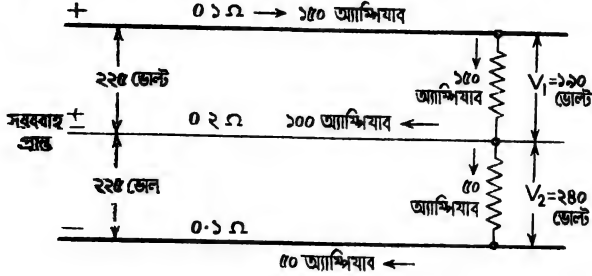
$$e_2 = ৫০ \times ০.১ = ৫ \text{ ভোল্ট}$$

হইবে, আর এই লাইনের দিকে লোডের প্রান্তে তড়িৎ-চাপ

$$V_2 = ২২৫ - ৫ + ২০ = ২৪০ \text{ ভোল্ট}$$

পাওয়া যাইবে। অতএব এই অবস্থায় নিউট্রাল লাইনের উভয় পার্শ্বে তড়িৎ-চাপের মধ্যে ৫০ ভোল্ট পার্থক্য থাকিবে, আর নেগেটিভ লাইনের দিকে সরবরাহ প্রান্ত অপেক্ষা লোডের প্রান্তে তড়িৎ-চাপ বেশী হইবে। নিউট্রাল লাইনে তড়িৎ-চাপের পতন যে অভিযুগে থাকে তাহাতেই নেগেটিভ লাইনের দিকে সরবরাহ প্রান্ত অপেক্ষা লোডের

প্রান্তে ভল্ট-চাপ বেশী হইয়া দাঁড়ায়। এই কারণেই তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় অধিক কমতা সম্পন্ন মোটরগুলি সাধারণতঃ পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইনের মধ্যে সংযুক্ত করা থাকে। প্রকৃতপক্ষে মোটরের কমতা তিন বা চার অংশশক্তি অপেক্ষা



১৮৬(খ)নং চিত্র

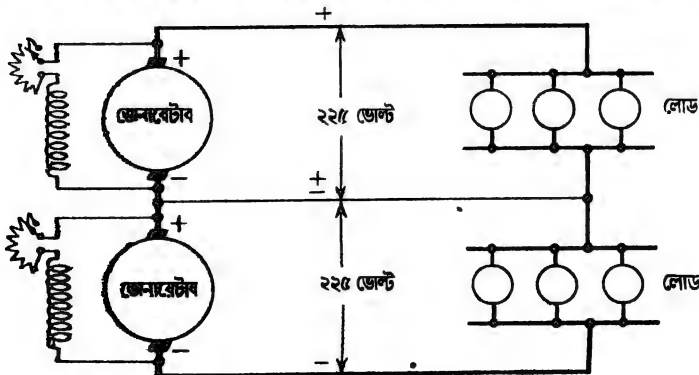
বেশী হইলেই অনেক সরবরাহকারী প্রতিষ্ঠান ঐ মোটরকে আর লাইভ লাইন এবং নিউট্রালের মধ্যে সংযুক্ত করিবার অহুমতি দেন না।

৯-৩। তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় বিভিন্ন পদ্ধতি অবলম্বন (Methods of Obtaining Three-Wire System)

তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় নিউট্রাল লাইন বাহির করিবার জন্য বিভিন্ন পদ্ধতি অবলম্বন করা হইয়া থাকে। এই সকল পদ্ধতি নিয়ে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল :—

(১) দুইটি আলাদা জেনারেটর ব্যবহার করা (Two-Generator Method)

দুইটি আলাদা সার্কট জেনারেটরকে সিরিজে সংযুক্ত করিয়া তিন-তারের লাইনে বিদ্যুৎ সরবরাহ দেওয়া চলে। ইহা ১৮৭নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই ব্যবস্থায় একটি জেনারেটরের পজিটিভ প্রান্ত অপরটির নেগেটিভ প্রান্তের সহিত সংযুক্ত থাকে, আর সেই সংযোগ-বিন্দু হইতেই নিউট্রাল লাইন বাহির করা হয়। জেনারেটর দুইটির



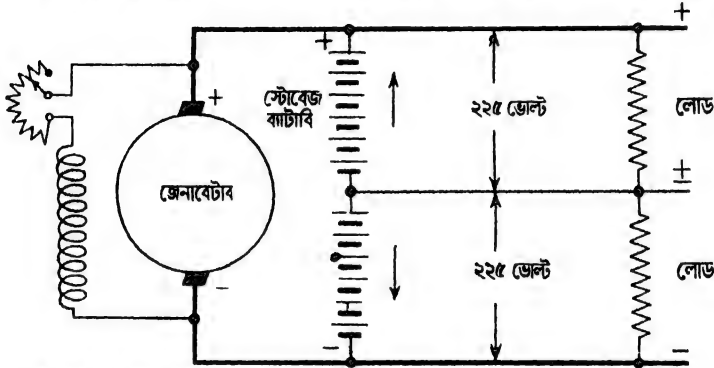
দুইটি আলাদা জেনারেটরের সাহায্যে তিন-তারে সরবরাহ দেওয়া

১৮৭নং চিত্র

যে খোলা প্রান্ত পজিটিভ হয় তাহা হইতে পজিটিভ লাইন আর যে খোলা প্রান্ত নেগেটিভ হয় তাহা হইতে নেগেটিভ লাইন বাহির হইয়া আসে। প্রত্যেকটি জেনারেটোর কেবলমাত্র নিজের নিজের লাইনেই বিদ্যুৎ সরবরাহ করিয়া থাকে। যদিও এক্ষেত্রে উভয় জেনারেটোরকে একই প্রাইম মুভারের সাহায্যে পরিচালনা করা চলে, কিন্তু দুইটি জেনারেটোরের প্রয়োজন হয় বলিয়া এই ধরনের সরবরাহ ব্যবস্থার বিশেষ প্রচলন নাই।

(২) স্টোরেজ ব্যাটারি ব্যবহার করা (Use of Storage Battery)

লাইনের সরবরাহ-প্রান্তে জেনারেটোরের দুই টার্মিনালের মধ্যে স্টোরেজ ব্যাটারি সংযুক্ত করিয়া নিউট্রাল লাইন বাহির করা চলে। জেনারেটোর, ব্যাটারি এবং লোডের এইরূপ সংযোগ ১৮৮নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। জেনারেটোরের দুই প্রান্ত হইতে পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইন বাহির হয়, আর ব্যাটারির ঠিক মধ্যবিন্দু হইতে নিউট্রাল লাইন বাহির করা থাকে। যখন নিউট্রালের উভয় পার্শ্বে লোডের পরিমাণ অসমান



তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় স্টোরেজ ব্যাটারির সাহায্যে নিউট্রাল লাইন বাহির করা
১৮৮নং চিত্র

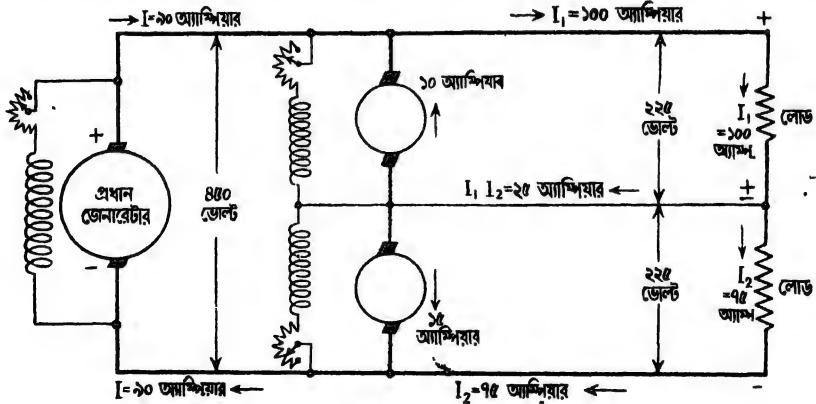
থাকে, তখন লাইনের যে দিকে লোড বেশী হয় ব্যাটারির সেই দিকের অংশ হইতে তড়িৎ-প্রবাহ লাইনে যায় এবং ঐ অংশকে 'ডিসচার্জ' (discharge) করে, আর একই সময়ে নিউট্রালের অল্প পার্শ্বে লোড কম হওয়ার জন্য সরবরাহ লাইন হইতে তড়িৎ-প্রবাহ ব্যাটারির বিপরীত অংশে প্রবেশ করিয়া সেই অংশকে 'চার্জ' (charge) করে। হুতরং ব্যাটারির দুই অংশে তখন দুই বিপরীত অবস্থা দেখা দেয়,—এক অংশ ডিসচার্জ হওয়ার জন্য প্রান্তিক চাপ কমিতে থাকে, অল্প অংশ চার্জ হওয়ার জন্য প্রান্তিক চাপ বৃদ্ধি পাইতে আরম্ভ করে। ফলে ব্যাটারির দুই অংশে তড়িৎ-চাপ অসমান হইয়া পড়ায়। তাহা ছাড়া ব্যাটারির উভয় অংশের চার্জ সমান রাখা অতিশয় কষ্টসাধ্য আর স্টোরেজ ব্যাটারি রক্ষণাবেক্ষণ করা অতিশয় ব্যয়বহুল বলিয়া নিউট্রাল লাইন বাহির করিবার জন্য সচরাচর এই পদ্ধতি ব্যবহার করা হয় না।

(৩) ব্যাল্যান্সার সেট ব্যবহার করা (Use of Balancer Set)

তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় নিউট্রাল তার বাহির করিবার জন্য সচরাচর ব্যাল্যান্সার সেট ব্যবহার করাই প্রচলিত নিয়ম। এই ব্যবস্থায় দুইটি লস্ট অথবা

কম্পাউন্ড ডাইনামো পরস্পরের সহিত সিরিজে যুক্ত হইয়া প্রধান জেনারেটরের দুই প্রান্ত হইতে যে দুইটি লাইভ লাইন বাহির হয় তাহাদের মধ্যে সংযুক্ত থাকে। উভয় ডাইনামোর সাধারণ প্রান্ত (common terminal) হইতে নিউট্রাল লাইন বাহির হইয়া আসে। ডাইনামো দুইটি বাহাতে একই গতিবেগে ঘুরিতে পারে সেইজন্য তাহাদের শাক্ট পরস্পরের সহিত যান্ত্রিক উশায়ে আবদ্ধ করা থাকে। যখন নিউট্রাল লাইনের উভয় পার্শ্বে লোডের পরিমাণ প্রায় সমান থাকে, তখন উভয় ডাইনামোই মোটর হিসাবে চলে। কিন্তু লোডের পরিমাণ অসমান হইলে যে দিকের লোড কম হয় সেই দিকের মেশিন মোটর হিসাবে চলিয়া অন্য মেশিনটিকে জেনারেটর হিসাবে ঘুরাইতে থাকে, আর সেই জেনারেটর তখন বেশী লোডের দিকে প্রধান জেনারেটরের সহিত একত্র হইয়া কারেন্ট সরবরাহ করে। ব্যাল্যান্সারে শক্তির যে অপচয় ঘটে তাহার পরিমাণ খুব সামান্য হইলে উভয় মেশিনের আর্দ্রচার দিয়া সমান কারেন্ট প্রবাহিত হয়। কিন্তু যখন এই অপচয়ের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়, তখন জেনারেটর হিসাবে পরিচালিত মেশিনের গৃহীত শক্তির (input power) সমস্তটাই মোটরকে সরবরাহ করিতে হয় বলিয়া অপচয়ের পরিমাণ অনুযায়ী মোটর দিয়া বেশী কারেন্ট আর জেনারেটর দিয়া অপেক্ষাকৃত কম কারেন্ট প্রবাহিত হইতে থাকে।

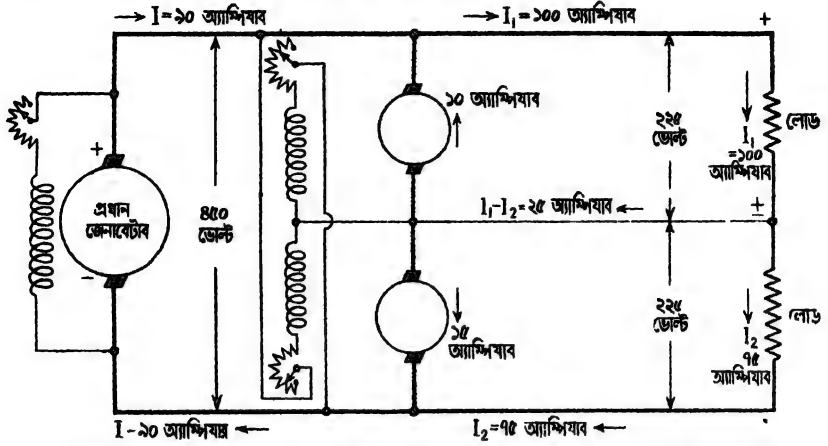
১৮৯(ক)নং চিত্রে প্রধান জেনারেটর এবং ব্যাল্যান্সার সেট হিসাবে ব্যবহৃত দুইটি সাণ্ট ডাইনামোর সহিত সরবরাহ লাইনের সংযোগ দেখানো হইয়াছে। এখানে



ভিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় ব্যাল্যান্সার সেটের সাহায্যে নিউট্রাল তার বাহির করা
১৮৯(ক)নং চিত্র

নেগেটিভ লাইন অপেক্ষা পজিটিভ লাইনের দিকে অধিক লোড সংযুক্ত আছে, আর সেই কারণে নিউট্রাল লাইন দিয়া ২৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হইতেছে। এই ২৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্টের মধ্যে ১৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট নেগেটিভ লাইনের দিকের ডাইনামো দিয়া প্রবাহিত হইয়া এই ডাইনামোকে মোটর হিসাবে ঘুরাইতেছে, আর একই সঙ্গে পজিটিভ লাইনের দিকের অন্য ডাইনামোটি মোটর দ্বারা পরিচালিত হইয়া

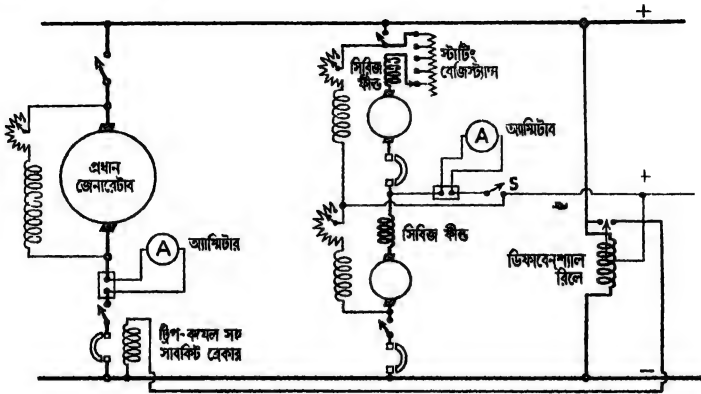
জেনারেটর হিসাবে ১০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট লোড-সার্কিটে সরবরাহ করিতেছে।
এইরূপ ব্যবস্থায় নিউট্রালের উভয় পার্শ্বে লাইনের তড়িৎ-চাপ সমান আছে।



ব্যাল্যাকার সেট হিসাবে ব্যবহৃত দুইটি ডাইনামোর ফীল্ড-কয়েল আড়াআড়িভাবে সংযুক্ত আছে
১৮২(খ) নং চিত্র

যদি ডাইনামো দুইটির ফীল্ড-কয়েল পরস্পরের সহিত আড়াআড়িভাবে সংযুক্ত থাকে, তবে এই দুই মেশিন নিজের নিজের দিকের লোড অথবা যৌগিক মোটর কিংবা জেনারেটর হিসাবে আরও সহজে আর সঠিকভাবে পরিচালিত হইতে পারে। ফীল্ড-কয়েল আড়াআড়িভাবে সংযুক্ত করার অর্থ মোটরের ফীল্ড-কয়েল জেনারেটরের প্রান্তের দিকে আর জেনারেটরের ফীল্ড কয়েল মোটরের প্রান্তের দিকে সংযুক্ত করা। ইহা ১৮২(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। একটি জেনারেটর যখন অতিরিক্ত কারেন্ট সরবরাহ করে, তখন হয় উহার প্রান্তিক চাপ কমে অথবা উহার আর্মচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপকে বৃদ্ধি করিতে হয়। সেইরূপ, একটি মোটরে যখন অতিরিক্ত লোড পড়ে, তখন হয় উহার প্রান্তিক চাপকে বৃদ্ধি করিতে হয় অথবা উহার আর্মচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ হ্রাস পায়। সুতরাং সরবরাহ ব্যবস্থায় পজিটিভ লাইনের দিকে যদি বেশী লোড থাকে (১৮২নং চিত্র), তবে ঐ দিকের ডাইনামোর ফীল্ড-কারেন্ট কমিয়া যাইবে, আর একই সঙ্গে নেগেটিভ লাইনের সহিত যুক্ত ডাইনামোর ফীল্ড-কারেন্ট বৃদ্ধি পাইবে। নিউট্রাল লাইনের উভয় পার্শ্বে তড়িৎ-চাপ সমান রাখিতে হইলে ফীল্ড-কারেন্ট এইরূপ হওয়া মোটেই বাঞ্ছনীয় নহে। কিন্তু যদি জেনারেটরের ফীল্ড-কয়েল মোটরের দিকে সংযুক্ত থাকে, তবে এই সময় জেনারেটরের ফীল্ড-কারেন্ট বৃদ্ধি পাইয়া উহার আর্মচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপকে বৃদ্ধি করিবে, ফলে অতিরিক্ত কারেন্ট সরবরাহ করার জন্য জেনারেটরের প্রান্তিক চাপ বিশেষ কমিতে পারিবে না। অন্তর্দিকে আবার মোটরের ফীল্ড-কয়েল জেনারেটরের দিকে সংযুক্ত থাকায় ঐ মেশিনের ফীল্ড-কারেন্ট আর সেই সঙ্গে আর্মচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ কিছুটা হ্রাস পাইবে, ফলে অতিরিক্ত লোড বহন করার জন্য মোটরের প্রান্তিক চাপে বিশেষ কোন পরিবর্তন দেখা যিবে না।

ফীল্ড-কয়েল আড়াআড়িভাবে সংযুক্ত থাকিলে মেশিন পরিচালনার সময় যে স্থিতি পাওয়া যায়, ডাইনামো দুইটির ফীল্ড-সার্কিটে সাফ্ট কয়েলের সহিত একটি কন্ট্রোল সিরিজ কয়েল ব্যবহার করিলেও সেই একই স্থিতি পাওয়া বাইতে পারে। তখন ডাইনামো দুইটি কম্পাউণ্ড মেশিন হিসাবে কাজ করিবে। মেশিনের সিরিজ ফীল্ড এমনভাবে সংযুক্ত করিতে হইবে বাহাতে জেনারেটর কিউমিউটেড কম্পাউণ্ড মেশিন আর মোটর ডিফারেনশাল কম্পাউণ্ড মেশিন হিসাবে পরিচালিত হইতে পারে। কম্পাউণ্ডিংয়ের পরিমাণ ঠিকমত রাখা থাকিলে এই ব্যবস্থায় উভয় মেশিনের প্রান্তিক চাপ প্রায় সমান থাকে।



ব্যালাল্যার সেট হিসাবে কম্পাউণ্ড ডাইনামোর ব্যবহার
১৯০নং চিত্র

কম্পাউণ্ড ডাইনামো ব্যালাল্যার সেট হিসাবে ব্যবহার করিবার সময় মেশিন এবং সরবরাহ লাইনের মধ্যে সংযোগ কিরূপ থাকে, তাহা ১৯০নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এইরূপ ক্ষেত্রে S-দ্বারা চিহ্নিত নিউট্রাল লাইনের সুইচটি খোলা অবস্থায় রাখিয়া মেশিন দুইটিকে সিরিজে চালু করা হয়। মেশিন দুইটির সাফ্ট ফীল্ড সিরিজে যুক্ত হইয়া পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইনের মধ্যে সংযুক্ত থাকে। ঐ দুই লাইনের মধ্যে একটি “ডিফারেনশাল রিলে” (differential relay)-ও সংযুক্ত করা হয়। যদি নিউট্রাল লাইনের উভয় পার্শ্বে লাইনের তড়িৎ-চাপের মধ্যে খুব বেশী পার্থক্য দেখা দেয়, তবে রিলে কয়েলের দুই অংশে তড়িৎ-প্রবাহ অসমান হয় বলিয়া ঐ রিলে তখন প্রধান জেনারেটরের সার্কিট ব্রেকারকে খুলিয়া দেয়। ইহাতে বর্তমানী লোড জেনারেটরের পক্ষে অতিরিক্ত না হইলেও বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ হইয়া যায় বটে, কিন্তু লাইভ লাইন আর নিউট্রালের মধ্যে যে-সকল মেশিন আর যন্ত্রপাতি সংযুক্ত থাকে, তড়িৎ-চাপের অসমতার দ্বন তাহাদের কোন ক্ষতি হইতে পারে না।

উদাহরণ ১-১। একটি ডি. সি. জেনারেটর তিন-ভারের লাইনে ৫০০ ভোল্টে বিদ্যুৎ সরবরাহ করে। যদি পজিটিভ লাইন আর নিউট্রালের মধ্যে ১৫০০ কিলোওয়াট এবং নেগেটিভ লাইন আর নিউট্রালের মধ্যে ২০০০ কিলোওয়াট লোড সংযুক্ত থাকে, তবে

ব্যালালার হিসাবে ব্যবহৃত প্রত্যেকটি ডাইনামোর আর্মেচার ও নিউট্রাল লাইন দিয়া কত কারেন্ট প্রবাহিত হইবে এবং প্রধান জেনারেটর মোট কত কারেন্ট সরবরাহ করিবে তাহা নির্ণয় কর।

লাইনের সহিত সংযুক্ত লোডের মোট পরিমাণ
 $= ১৫০০ + ২০০০ = ৩৫০০$ কিলোওয়াট।

সুতরাং জেনারেটরের মোট কারেন্ট

$$I = \frac{৩৫০০ \times ১০০০}{৫০০} = ৭০০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

একটি লাইভ লাইন ও নিউট্রালের মধ্যে তড়িৎ-চাপ

$$= \frac{৫০০}{২} = ২৫০ \text{ ভোল্ট।}$$

অতএব পজিটিভ লাইনের তড়িৎ-প্রবাহ

$$I_1 = \frac{১৫০০ \times ১০০০}{২৫০} = ৬০০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

আর নেগেটিভ লাইনের তড়িৎ-প্রবাহ

$$I_2 = \frac{২০০০ \times ১০০০}{২৫০} = ৮০০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

সুতরাং নিউট্রাল লাইন দিয়া প্রবাহিত কারেন্ট

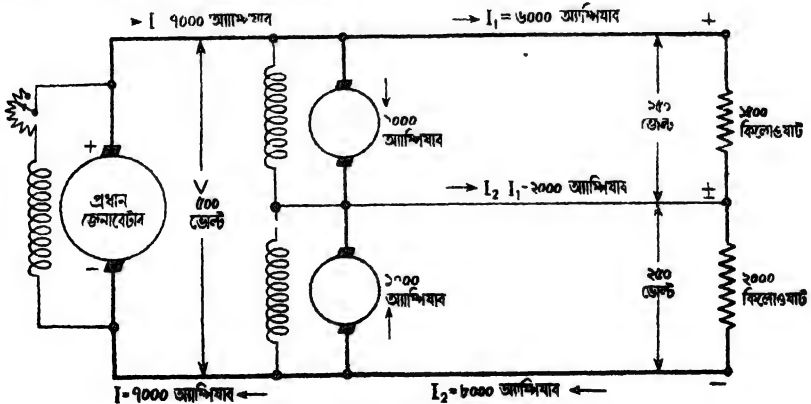
$$I_2 - I_1 = ৮০০০ - ৬০০০ = ২০০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

এবং (ব্যালালারে যে শক্তির অপচয় ঘটে তাহা উপেক্ষা কবার জন্য)

প্রত্যেকটি ব্যালালার-ডাইনামোর আর্মেচার দিয়া প্রবাহিত

$$\text{কারেন্ট} = \frac{২০০০}{২} = ১০০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

সরবরাহ লাইন আর ব্যালালার দিয়া কত কারেন্ট কোন্ দিকে প্রবাহিত হইতেছে তাহা ১১১নং চিত্রে দেখানো হইল।



উদাহরণ ৯-২। একটি ডি. সি. ভিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থার পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইনের মধ্যে তড়িৎ-চাপ ৫০০ ভোল্ট আছে। বাতি এবং পাখার জন্য পজিটিভ লাইন দিয়া ১৫০০ অ্যাম্পিয়ার আর নেগেটিভ লাইন দিয়া ১৩০০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয়। তাহা হাড়া ৫০০ ভোল্ট তড়িৎ-চাপের উপযোগী একটি মোটর পুরা লোডসহ চলিবার সময় সরবরাহ লাইন হইতে ৫০০ কিলোওয়াট বৈদ্যুতিক শক্তি গ্রহণ করে। এই অবস্থায় ব্যাল্যান্সার হিসাবে ব্যবহৃত প্রত্যেকটি মেরিনে যদি ৫ কিলোওয়াট করিয়া বৈদ্যুতিক শক্তির অপচয় ঘটে, তবে প্রধান জেনারেটর ও প্রত্যেকটি ব্যাল্যান্সারের লোড কত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

পুরা লোডসহ চলিবার সময় মোটরের কারেন্ট

$$= \frac{৫০০ \times ১০০০}{৫০০} = ১০০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

সুতরাং পজিটিভ লাইনের তড়িৎ-প্রবাহ

$$I_1 = ১৫০০ + ১০০০ = ২৫০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার,}$$

আর নেগেটিভ লাইনের তড়িৎ-প্রবাহ

$$I_2 = ১৩০০ + ১০০০ = ২৩০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

অতএব নিউট্রাল লাইন দিয়া প্রবাহিত কারেন্ট

$$I_1 - I_2 = ২৫০০ - ২৩০০ = ২০০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

এই অবস্থায় ব্যাল্যান্সারে যদি কোন শক্তির অপচয় না ঘটিত, তবে প্রত্যেকটি ডাইনামো দিয়া $\frac{২০০}{২} = ১০০$ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হইত। কিন্তু যেহেতু প্রত্যেকটি ডাইনামোতে ৫ কিলোওয়াট করিয়া বৈদ্যুতিক শক্তির অপচয় ঘটে, অতএব সেই অপচয়ের জন্য তড়িৎ-প্রবাহের প্রয়োজন হয়

$$\frac{৫ \times ১০০}{২৫০} = ২০ \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

আবার, জেনারেটর হিসাবে পরিচালিত ডাইনামোর গৃহীত শক্তির (input) সমস্তটাই মোটরকে সরবরাহ করিতে হয়। সুতরাং পজিটিভ লাইনের সহিত যুক্ত ডাইনামো দিয়া

$$১০০ - ২০ = ৮০ \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

আর নেগেটিভ লাইনের সহিত যুক্ত ডাইনামো দিয়া

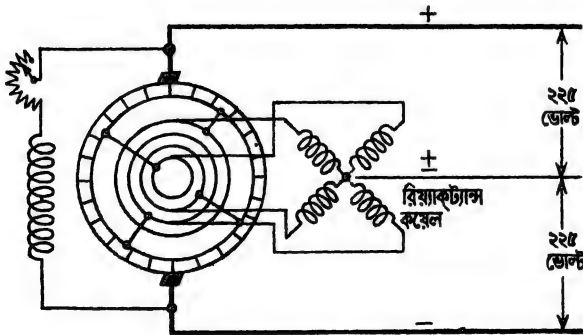
$$১০০ + ২০ = ১২০ \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

কারেন্ট প্রবাহিত হইবে।

১৯২৫ চিত্র হইতে দেখা যাইবে যে, জেনারেটর লাইনে মোট ২৪২০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করে। সুতরাং

$$\begin{aligned} \text{জেনারেটরের লোড} &= \frac{২৪২০ \times ৫০০}{১০০০} \\ &= \underline{১২১০ \text{ কিলোওয়াট।}} \end{aligned}$$

এ. সি. সরবরাহ পাওয়া যায়। এখন, তিন-ভারওয়ালা জেনারেটরে পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহকে খুব বেশী বাধা দিতে পারে এমন একটি কুণ্ডলি বা কয়েল লোহার 'কোর' (core)-এর গায়ে জড়াইয়া লইয়া দুইটি স্লিপ-রিংয়ের মধ্যে সংযুক্ত করা হয়। কয়েলের ইন্ডাক্টিভিটি (আর সেই সঙ্গে ইম্পিড্যান্স) খুব বেশী থাকে বলিয়া উহা পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহকে প্রবলভাবে বাধা দেয়, কিন্তু রেজিস্ট্যান্স খুব কম থাকার জন্য অনুবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ বিশেষ বাধা পায় না। আর্মেচারের সঙ্গে একই শাক্টের উপর স্লিপ-রিং দুইটি বসানো থাকে। সেইজন্য তিন-ভারওয়ালা জেনারেটরে আর্মেচারের একদিকে কম্বুটোর আর অন্যদিকে স্লিপ-রিং দেখিতে পাওয়া যায়। ইহা ১২৫(ক)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। আর্মেচারে যে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়, তাহার ভারকেন্দ্রে (centre of gravity of the voltages generated in the armature) কয়েলের মধ্যবিন্দু অবস্থিত থাকে। সুতরাং এই বিন্দুতে নিউট্রাল তার সংযুক্ত করিলে তাহার উভয় পার্শ্বে তড়িৎ-চাপ সমান হয়। তাহা ছাড়া নিউট্রাল দিয়া যে কারেন্ট বাহিরের বর্তনী হইতে উৎপাদন কেন্দ্রের দিকে ফিরিয়া আসে, সেই কারেন্ট খুব সহজেই কয়েলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইয়া আর্মেচারে প্রবেশ করিতে পারে। ইন্ডাক্টিভ কয়েল নিষ্কল বা গতিশূন্য অবস্থায় থাকে আর নিউট্রাল লাইনের উভয় পার্শ্বে তড়িৎ-চাপের সমতা বজায় রাখে তাই ইহা "স্ট্যাটিক ব্যালান্সার" (Static Balancer) নামেও পরিচিত।



তিন-ভারওয়ালা জেনারেটরে একাধিক ইন্ডাক্টিভ কয়েলের সংযোগ

১২০(খ)নং চিত্র

অনেক সময় নিউট্রাল তারের উভয় পার্শ্বে তড়িৎ-চাপের সমতা ঠিকমত বজায় রাখিবার জন্য দুই বা ততোধিক ইন্ডাক্টিভ কয়েল (inductive coil) ব্যবহার করা হয়। তখন কয়েলগুলির সংযোগ কিরূপ থাকে তাহা ১২০(খ)নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। কয়েল বাহিরে না রাখিয়া আর্মেচারের খাঁজের মধ্যেও বসানো যায়। তখন শাক্টের উপর একটিমাত্র স্লিপ-রিং ব্যবহার করিলেই কাজ চলে। তবে ইহাতে আর্মেচারের ওজন অনেকটা বৃদ্ধি পায়।

তিন-তারের পরিবর্তে চার-, পাঁচ-, ছয়-, সাত-তারের সরবরাহ লাইনও টানা যায়, কিন্তু লাইন টানিবার সময় জটিল অবস্থার সৃষ্টি হয় আর খরচ খুব বেশী পড়ে বলিয়া এই ধরনের সরবরাহ ব্যবস্থার প্রচলন কেবলমাত্র স্বল্প দৈর্ঘ্যের লাইনের মধ্যেই সীমাবদ্ধ আছে।

প্রশ্নমালা

১। একটি রোটোরি ব্যালান্সার থ্রি-ওয়্যার ফিডার-এর উপর কি কাজ করে তাহা বুঝাইয়া দাও। এই মেশিন সাধারণত কোথায় বসানো হয় এবং কিরূপে লাইনের সহিত সংযুক্ত হয় দেখাও।

২। একটি D. C. 3-wire line-এ load-কে দুইদিকে সমান রাখিবার চেষ্টা সর্বদাই করা হয় কেন?

৩। একটি ডি সি জেনারেটর (যাহা ডি সি ৩-তার ডিষ্ট্রিবিউশন সিস্টেমে বিদ্যুৎ সরবরাহ করে) পরীক্ষা করিবার সময় দেখা গেল আর্মচারের এক মাথায় “কমুটেটর” ও অপর মাথায় কতকগুলি “স্লিপ-রিং” (একই স্রাক্টের উপর) আছে। স্লিপ-রিংগুলি কিমের জন্ত?

৪। একটি ডি, সি, তিন-তার সাপ্লাইয়ে বাহিরের তারের সহিত মধ্যবর্তী তারের কি পোলারিটি তাহা উল্লেখ কর।

একটি তিন-তার ডি, সি, কারেন্ট সাপ্লাই স্টেশনের প্রধান প্রধান মেশিনগুলির অবস্থান সহ একটি রেখাচিত্র অঙ্কন কর।

ব্যালেন্সার ব্যবহারের উদ্দেশ্য কি এবং উহা কিভাবে কাজ করে?

৫। Balancers এর কাজ কি? Balancer set এর কানেকশনগুলির একটি নিখুঁত চিত্র অঙ্কন কর।

৬। যখন একটি ডি, সি, জেনারেটর তিন-তার feeder-কে supply করে তখন যদি মধ্যের তারটি Balancer হইতে সংযোগ্য হয়, ইহার ফল খুবই খারাপ হইতে পারে কেন তাহা বুঝাইয়া দাও।

৭। Rotary Balancer বলিতে কি বোঝ? একটি 3-wire system-এর (D. C.) শক্তি সরবরাহ করিবার জন্ত ইহা কিরূপে Generator-এর সহিত সংযুক্ত করিবে?

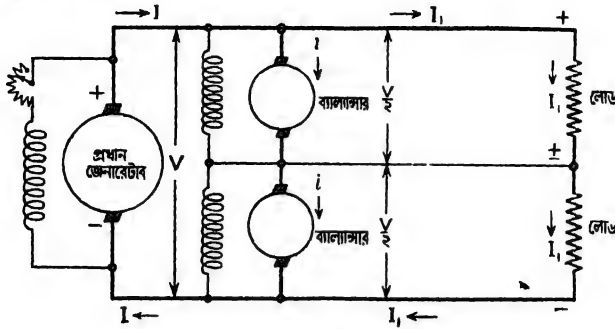
৮। ডি সি থ্রি-ওয়্যার পদ্ধতি পাইবার উপায়গুলির নাম লিখ।

“স্ট্যাটিক ব্যালেন্সার” বলিতে কি বুঝায়? ইহা কোথায় ব্যবহৃত হয় এবং কিরূপে লাইনের সঙ্গে সংযুক্ত হয়? চিত্র অঙ্কন করিয়া দেখাও।

[ডি. সি. জেনারেটর হইতে নিউট্রাল তার বাহির করিবার জন্ত এবং সেই তারের উভয় পার্শ্বে ভোল্ট-চাপ সমান রাখিবার কাজে যখন ইন্ডাক্টিভ কয়েল ব্যবহার করা হয়, তখন ঐ কয়েলকে “স্ট্যাটিক ব্যালেন্সার” বলে। ইংরাজি ‘স্ট্যাটিক’ শব্দের অর্থ ‘নিশ্চল’]

বা 'গতিশূন্য'। যেহেতু ইনডাক্টিভ কয়েলের কোন অংশ গতিশীল নহে এবং নিউট্রাল তারের উভয় পার্শ্বে তড়িৎ-চাপের সমতা বজায় রাখিবার জন্য উহা ব্যবহৃত হয়, অতএব এই কয়েল স্ট্যাটিক ব্যাল্যান্সার নামে পরিচিত।]

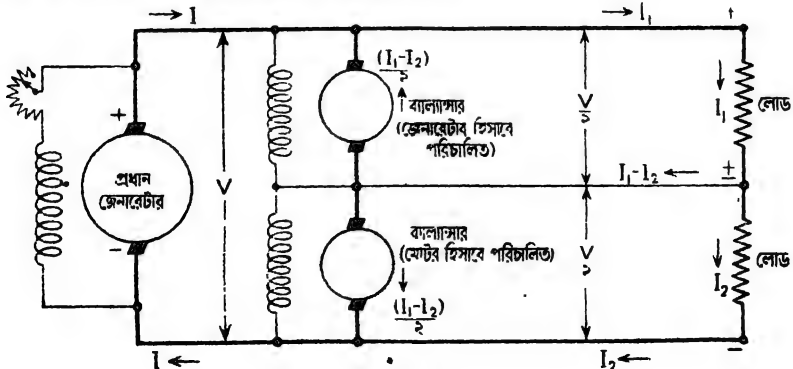
একটি "রোটরী ব্যাল্যান্সার সেটে" বাহু (আউটার) কণ্ডাক্টরের লোড, যদি (ক) সমান, (খ) অসমান হয় তখন মেশিনগুলি কিরূপে কাজ করিবে? চিত্র অঙ্কন করিয়া ব্যাখ্যা কর।



১২৪নং চিত্র

[(ক) লোড সমান থাকিলে ব্যাল্যান্সার সেট-এর উভয় মেশিন মোটর হিসাবে চলিতে থাকে। তখন মেশিন এবং লাইনের বিভিন্ন অংশে তড়িৎ-প্রবাহ কিরূপ থাকে তাহা ১২৪নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। এই অবস্থায় নিউট্রাল লাইন দিয়া কোন কারেন্ট প্রবাহিত হয় না।

(খ) নিউট্রাল লাইনের উভয় পার্শ্বে লোড অসমান থাকিলে বৈদিকে লোড বেশী থাকে, সেই দিকের ব্যাল্যান্সার জেনারেটর হিসাবে আর অন্য দিকের ব্যাল্যান্সার মোটর হিসাবে চলে। ইহা ১২৫নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। তখন নিউট্রাল লাইন দিয়া যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাহার অর্ধেক জেনারেটর আর বাকী অর্ধেক মোটর দিয়া প্রবাহিত হইয়া লাইভ লাইনে ফিরিয়া যায়।



১২৫নং চিত্র

১২৫নং চিত্রে I_2 অপেক্ষা I_1 বড়, অর্থাৎ উপরের ব্যাল্যাক্সার জেনারেটর হিসাবে আর নীচের ব্যাল্যাক্সার বোটর হিসাবে চলিতেছে—এইরূপ দেখানো হইয়াছে।]

৯। অল্পবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ বন্টন করিবার জন্য যে-সকল পরিবাহী ব্যবহার করা হয়, তাহাদের আয়তন নির্ণয় করিবার সময় কি কি বিষয়ে লক্ষ্য রাখা প্রয়োজন? বিদ্যুৎ সরবরাহ করিতে সাধারণতঃ কোন্ কোন্ পদ্ধতি অবলম্বন করা হইয়া থাকে?

১০। তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় নিউট্রাল লাইন বাহির করিবার জন্য যে-সকল ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয়, তাহাদের সম্বন্ধে সংক্ষেপে আলোচনা কর। কার্যক্ষেত্রে কোন্ পদ্ধতির ব্যবহার সর্বাপেক্ষা বেশী দেখা যায়?

১১। তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় সরবরাহ প্রান্তের সহিত নিউট্রাল তারের সংযোগ বজায় রাখা প্রয়োজন কেন তাহা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

১২। রোটরি ব্যাল্যাক্সার আর স্ট্যাটিক ব্যাল্যাক্সারের মধ্যে পার্থক্য কি? কোন্টি কোথায় আর কিভাবে ব্যবহার করা হয়, চিত্র অঙ্কন করিয়া তাহা বুঝাও?

১৩। তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় নিউট্রাল লাইনের উভয় পার্শ্বে ভোল্টেজ অসমান হয় কেন? তড়িৎ-চাপের এই অসমতা দূর করিবার জন্য লোড-সারকিটে কি ব্যবস্থা অবলম্বন করা হইয়া থাকে?

১৪। তিন-তারওয়ালা জেনারেটরে একাধিক ইন্ডাক্টিভ কয়েল ব্যবহার করিয়া কিরূপে নিউট্রাল তার বাহির করা হয় তাহা একটি পরিষ্কার চিত্র অঙ্কন করিয়া দেখাও। এই কয়েল “স্ট্যাটিক ব্যাল্যাক্সার” নামে পরিচিত কেন?

১৫। রোটরি ব্যাল্যাক্সার হিসাবে ব্যবহৃত দুইটি ডাইনামোর ফীল্ড-কয়েল পজিটিভ আর নেগেটিভ লাইনের মধ্যে পদম্পরের সঙ্গে সোজাহুজি সিরিজের না থাকিয়া যদি আড়াআড়িভাবে সংযুক্ত থাকে, তবে বেশী কি হ্রবিধা পাওয়া যায় তাহা বুঝাইয়া বল।

দ্বিতীয় অধ্যায়

ডি. সি. মেনিনের দোষ ও তাহার প্রতিকার

মুখবন্ধ

জেনারেটর ও মোটরের দোষ

বাহার উপর জেনারেটর, মোটর প্রভৃতির তত্ত্বাবধানের ভার থাকিবে, তাহাকে সর্বদা লক্ষ্য রাখিতে হইবে উহার কেমন চলিতেছে। প্রত্যহ কিংবা ঘন ঘন পরিদর্শন করিলে মেশিনে সহজে কোনরূপ দোষ জন্মিতে পারে না, এবং জন্মিলেও অতি নীজ তাহা ধরা পড়ে। দোষ জন্মিলে তাহা মেরামত করা অপেক্ষা দোষ না জন্মিতে দেওয়াই বুদ্ধিমানের কাজ। ভাল করিয়া ঘন ঘন দেখাভনা করিলে দোষ জন্মিতে পারে না। বৈজ্ঞানিক মেশিনের আর একটি বিশেষত্ব এই যে, অতি সামান্য কারণেও সামান্যতক দোষ জন্মিতে পারে আর তাহাতে মেশিন একেবারে অকর্মণ্য হইয়া যায়। সেইজন্য সামান্য দোষ নজরে পড়িলেই তাহা দূর করিতে হইবে। যত সামান্যই হউক না কেন, দোষ নজরে পড়িবামাত্রই মেশিন বন্ধ করা উচিত; অনন্তর সে দোষ কি কারণে হইল তাহা খোঁজ করিয়া বাহির করিতে হইবে। এইরূপে দোষের কারণ বাহির করিবার সময় প্রায়ই মেশিনকে এক-আধবার চালাইয়া দেখার দরকার হয়। আবশ্যক বিবেচনা করিলে অবশ্য চালাইতেই হইবে, কিন্তু এমন সতর্কতা অবলম্বন করিতে হইবে যাহাতে ঐ দোষ যেন আরও বাড়িয়া না যায়। মেশিনের দোষ ধরিতে হইলে প্রথমতঃ উহার ভিন্ন ভিন্ন অংশের (parts) কি কি কাজ, সে সম্বন্ধে পরিষ্কার জ্ঞান থাকা আবশ্যক। অনন্তর, সেই দোষ উহার কোন্ অংশে জন্মিয়াছে তাহা বুঝিয়া লইতে হইবে। অনেক সময় এমন হয় যে, ভিন্ন ভিন্ন অংশের দোষে প্রায় একই রকম লক্ষণ প্রকাশ পায়। সেইজন্য দোষটি মেশিনের কোন্ অংশের তাহা ঠিকরূপে ধরিবার জন্য প্রত্যেক অংশের কাজ ও তাহাদের মধ্যে কি প্রভেদ আছে, তাহা পরিষ্কার ভাবে বুঝা উচিত; নতুবা এক জায়গার দোষের জন্য পাঁচ জায়গার মিছামিছি খোঁজাধুঁজি করিয়া হান্সরণ হইতে হয়। মনে কর, জেনারেটর বড় বেশী আওয়াজ দিতেছে। এই দোষ অনেক কারণে হইতে পারে। কম্প্রিটের ঠিক গোল না থাকিলে চলিবার সময় আওয়াজ হইতে পারে, বেয়ারিং টিলা থাকিলে পাশে ঠেকিয়া আর্চচার আওয়াজ দিতে পারে, কিংবা ফাউণ্ডেশন্ বোর্ড টিলা থাকিলে মেশিন কাঁপিয়া একরূপ আওয়াজ বাহির হইতে পারে—ইত্যাদি। এই সকলই “আওয়াজ”, কিন্তু ভিন্ন ভিন্ন আওয়াজের ভিতরে যে তফাৎটুকু আছে তাহা ঠিক করিয়া বুঝিয়া লইয়া অগ্ন আওয়াজের কারণগুলি একে একে বাদ দিয়া আসল কারণটি ধরিয়া ফেলাই বাহ্যিক। যে মেশিনে দোষ জন্মিয়াছে স্বতন্ত্র না সেই দোষ দূর করা হয়, ততক্ষণ পর্যন্ত তাহাকে চলিতে দেওয়া উচিত নহে।

জেনারেটর ও মোটরে যত রকমের দোষ জন্মে, তাহাদিগকে নিম্নলিখিত দশটি প্রধান ভাগে ভাগ করা যাইতে পারে। কিছু দোষ হইলেই ইহাদের একটি, কখন কখন দুইটি, বা ততোধিক লক্ষণ নানা জায়গায় প্রকাশ পায়। সুতরাং

সকল প্রকার দোষই এই দশটি প্রধান ভাগের কোন না কোন একটির মধ্যে থাকিবে। সেই দশটি প্রধান দোষ এই :—

- (১) কম্বুটেটারে আগুন ধেওয়া—(Sparking)।
- (২) ব্রাশ ও কম্বুটেটার গরম—(Excessive Heating of Brushes and Commutator)।
- (৩) আর্মচার গরম—(Excessive Heating of Armature)।
- (৪) ফিল্ডের চুম্বক গরম—(Excessive Heating of Field Magnets)।
- (৫) বেরারিং গরম—(Excessive Heating of Bearings)।
- (৬) মোটর চলে না—(Motor does not start)।
- (৭) জেনারেটরে ভোল্টেজ ওঠে না—(Generator fails to generate)।
- (৮) ভোল্টেজ ঠিক হয় না—(Voltage not right)।
- (৯) মোটর বা জেনারেটার ঠিক জোরে ঘোরে না—(Speed not right)।
- (১০) মেশিন বড় বেশী আওয়াজ করিয়া চলে—(Machine makes noise)।

উপরি-উক্ত দশটি প্রধান দোষের প্রত্যেকটিই আবার অনেকগুলি কারণে জন্মিয়া থাকে। সেই কারণগুলি আলোচনা করিয়া, ডাক্তারেবা যেভাবে রোগীর রোগের লক্ষণ বিচার করিয়া অস্ত্র কারণগুলি বাধ দিয়া প্রকৃত কারণটি বাহির করেন, এখানেও ঠিক সেইরূপ করিতে হইবে। দোষযুক্ত মেশিনটি যেন একটি রোগী। তবে প্রভেদ এই যে, মানুষ-রোগী তাহার রোগের লক্ষণ সকল মূখ ফুটিয়া বলিতে পারে আর তাহাতে তাহার রোগ সহজে ধরা পড়ে, কিন্তু দোষযুক্ত মেশিন তাহা পারে না,— ইঞ্জিনীয়ারকে লক্ষণগুলি নিজে পরীক্ষা করিয়া ধরিতে হয়। যখন প্রকৃত রোগ ধরা পড়ে, তখন তাহার উপযুক্ত প্রতিকার করিবারাজ মেশিন নির্দোষ হয়।

প্রত্যেক প্রধান দোষের যে-সকল ভিন্ন ভিন্ন কারণ দেওয়া হইল, তাহাদের মধ্যে যেগুলি সচরাচর ঘটয়া থাকে সেইগুলি প্রথমে দেওয়া হইয়াছে। ইহাতে দোষ নির্ণয় করিবার কাজে সুবিধা হইবে বলিয়াই মনে হয়। কেননা, সামান্য কারণগুলি প্রায়ই ঘটয়া থাকে বলিয়া প্রথমেই উহাদের কথা মনে আসে। যখন দেখা যায় যে এগুলি মেশিনের দোষের প্রকৃত কারণ নহে, তখনই বড় বড় কারণ অনুসন্ধান করিতে হয়।

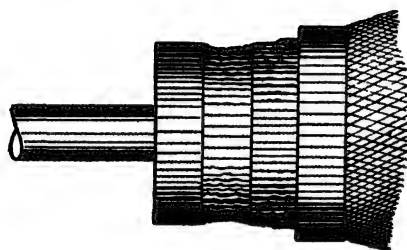
ডি. সি. মেশিনে বড় রকমের দোষ হয়, তাহাদের মধ্যে অনেক স্থলেই কম্বুটেটারে আগুন দিতে থাকে। সুতরাং যখনই কম্বুটেটার হইতে বেশী আগুন বাহির হয়, তখনই মেশিনে একটা কিছু গুণগোল হইয়াছে সন্দেহ করিতে হইবে। মেশিন হইতে যখন বেশী কাজ লওয়া হয়, তখন কোন কোন মেশিনের কম্বুটেটারে কিছু বেশী আগুন দিতে দেখা যায়। ইহা ঐ মেশিন তৈরী করিবার দোষে হইয়া থাকে। তখন ইন্টার-পোল বিহীন মেশিনে ‘রকার’ (Rocker) দিয়া ব্রাশ একটু সরাইয়া দিলে যদি

তাহাতে আগুন দেওয়া বন্ধ হয় বা কমে তবে ভালই, নতুবা অন্য কোন উপায় নাই। এইরূপ হলে ঐ মেশিন হইতে তত বেশী কাজ লওয়া চলিবে না। অনেক মেশিন পূরা লোডে কাজ করিবার সময় (on full load) উহাদের কম্যুটেটারে যে কিছু আগুন দেয়, তাহা আপত্তিজনক নহে। এখানে নজরের দ্বারাই ঠিক করিতে হইবে আগুন বেশী হইতেছে কি না; ইহা ভিন্ন আর কোন উপায় নাই। যদি আগুন বড় বেশী হয়, তবে কম্যুটেটারের গায়ে পোড়া দাগ পড়ে আর তাহাতেই বুঝা যায় যে আগুন বড় বেশী হইয়াছে। এই সকল কথা বিস্তার করিয়া যথাস্থানে বলা হইয়াছে। তবে এখানে কেবলমাত্র যে কথাটি মনে করাইয়া দেওয়া উচিত তাহা এই যে, নীল আলো (blue spark) মেশিনের পক্ষে বড়ই অনিষ্টকর। ইহাতে মেশিন একেবারে নষ্ট হইয়া বাইতে পারে। যে-সকল মেশিনে কম্যুটেটার আছে, যথা ডিরেক্ট কারেন্ট জেনারেটর ও মোটর, অন্টার্গেটারের এক্সাইটার (exciter), পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহের কম্যুটেটার মোটর, রোটারি কন্ভার্টার (Rotary Converter)-এর অম্লবর্তী তড়িৎ-প্রবাহের অংশ প্রভৃতি, তাহাতে এই জাতীয় দোষ জন্মিতে পারে।

প্রথম পরিচ্ছেদ কম্যুটেটোরে আগুন দেওয়া

১ম কারণ। কম্যুটেটার ঠিক গোল নহে, কিংবা উহার উপরের গা বেশ তেলানয়, “উকখুক্ষ”; কম্যুটেটারের কোন একটি সেগমেন্ট (segment, অংশ) উঠিয়া পড়িয়াছে বা বেশী ক্ষয় হইয়া গিয়াছে, অথবা উহার প্রত্যেক সেগমেন্টের গায়ে যে অম্মেব (mica) ইনসুলেশন (insulation) থাকে তাহা উঠিয়া পড়িয়াছে। কম্যুটেটার-সেগমেন্টগুলি আঁটিবার জন্ত পাশে যে রিং থাকে তাহা ঢিলা।

২য় কারণ। কম্যুটেটার নিখুঁত গোল হওয়া বিশেষ দরকার। যদি তাহা না হইয়া কিছু “বাদামে” (oval) হইয়া গিয়া থাকে, তবে আর্মেরচারকে আস্তে আস্তে ঘুরাইয়া বেশ ভাল করিয়া দেখিলে ত্রাশগুলি এক একবার আস্তে আস্তে উঠিতেছে ও পড়িতেছে এইরূপ দেখিতে পাওয়া যাইবে।



উকখুক্ষ কম্যুটেটার
১৯৬নং চিত্র

জোরে আর্মেরচার ঘুরিলে উহা হইতে একরূপ “ছচ্ছড” করিয়া আগুলাজ হয়, এমন অবস্থায় ত্রাশগুলি ঘন ঘন উঠিতে ও পড়িতে থাকে বলিয়া সকল সময়ে কম্যুটেটারের উপর লাগিয়া থাকে না, ফলে চলিবার সময় আগুন (spark) বাহির হয়। যখন আর্মেরচার ঘুরিতে থাকে, তখন যদি কম্যুটেটারের উপর আঙ্গুলের নখের উন্টানিক ঠেকান যায়, তাহা হইলে অতি সামান্য উকখুক্ষ-ভাবও ধরা

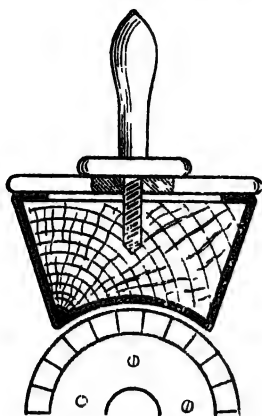
পড়ে। যদি মেশিনের তড়িৎ-চাপ ২২০-ভোল্ট অপেক্ষা বেশী হয়, তবে চলন্ত অবস্থায় কম্যুটেটারে হাত দিলে বিপদ ঘটতে পারে। সেক্ষেত্রে হাত না দিয়া একটা কাঠি লইয়া কম্যুটেটারের উপরে ধরিতে হইবে। কিন্তু মনে রাখিতে হইবে যে, কোন খাতুর জিনিস লইয়া উহা যেন কোন মতে হোঁওয়া না হয়। যেখানে ত্রাশগুলি কম্যুটেটারের উপর বসে, তাহার সঙ্গে সমান-লাইনে চোখ রাখিয়া আর্মেরচারকে ঘুরাইলে অনেক সময় কম্যুটেটার ও ত্রাশের মাঝ দিয়া ফাঁক দেখিতে পাওয়া যায়। হাত কিংবা কাঠি দিয়া ত্রাশগুলি স্পর্শ করিলেও কম্যুটেটারের দোষ ধরা পড়ে। কম্যুটেটার ঠিক তেলা আছে কি না তাহা উহার রং হইতেই বুঝা যায়। যখন কম্যুটেটার ভাল অবস্থায় থাকে, তখন উহার রং খুব স্বকৃৎক না হইয়া একটু মেটেমেটে,—ব্রোঞ্জের (Bronze) রংয়ের মত দেখায়। শিরীষ কাগজ দিয়া যদি লে তামা যেমন চক্চকে দেখায়, কম্যুটেটারের রং তেমন হইলেই যে উহা খুব ভাল আছে তাহা নহে;—ঐ মেটেমেটে রংই ঠিক। যদিও কম্যুটেটার তৈরী করিবার সময় উহার সেগমেন্টগুলি একই চাকর হইতে কাটিয়া লওয়া হয়, তথাপি চাকর তৈরী

করিবার সময় উহার তামা কোথায়ও একটু আধটু কড়া হওয়া বিচিত্র নহে। সেইজন্য কখন কখন কোন কোন কম্যুটেটারের এক-আধটা সেগ্‌মেন্ট অল্পগুলি অপেক্ষা কম হয়, এবং মেশিন কিছুদিন চলিতে চলিতে তাহা উচু হইয়া ওঠে। অনেক সময় আবার একটি সেগ্‌মেন্ট অল্পগুলি অপেক্ষা বেশী কম হইয়া যায়। এইসব দোষ অতি সহজেই নজরে পড়ে।

ব্রাশ বেশী কড়া হইলে কম্যুটেটারের গা ছড়িয়া যায়, আর কম্যুটেটার “ডোবর” (grooved) হইয়া ক্ষয়প্রাপ্ত হয় (১৯৬নং চিত্র)। তখন আশুন দিতে থাকে। নরম ব্রাশ লাগানোই ইহার প্রতিকার। নির্মাতারা যে মেশিনে যে জাতীয় ব্রাশ দিয়াছেন, বদল করিয়া ঠিক সেই জাতীয় ব্রাশ দেওয়াই কর্তব্য। চলিবার সময় প্রত্যেক আর্থেচারেই কিছুটা করিয়া “খেলতা” (end-play; লম্বালম্বি এম্বিক-ওমিক নড়িবার ব্যবস্থা) থাকে; ইহা বন্ধ করিতে নাই। এই খেলতা না থাকিলে কম্যুটেটার “ডোবর” হইয়া যায় (১৯৬নং চিত্র দেখ)। মেশিন-বিশেষে এই খেলতা ০.৩২ সেন্টিমিটার হইতে ১ সেন্টিমিটার পর্যন্ত হইয়া থাকে।

প্রতিকার। যদি কম্যুটেটার বড় বেশী “বাদামে” হইয়া গিয়া থাকে বা উহার গা তেলা না থাকে, তবে তাহার একমাত্র প্রতিকার,—আর্থেচারকে বাহির করিয়া লেদে (lathe; কুঁদিবার যন্ত্র) তুলিয়া কম্যুটেটারটি এক কোপ কাটিয়া ফেলা। কম্যুটেটার তামার দ্বারা তৈরী, সুতরাং নরম বলিয়া উহা টার্ন (turn; কুঁদা) করিবার বাটালিটি ধায়াল হওয়া আবশ্যক এবং বাটালির মুখ যেন তালের কুইতনের মত হয়। সাধারণতঃ লেদের কাছে যে “নখুনা” বাটালি ব্যবহার করা হয়, ইহা তাহাই। বাটালির ধারটি বেশ তোলা হইবে, আর প্রতিবারে অতি অল্প করিয়া কোপ (very fine cut) দিতে হইবে। এই সময় লেদকে জোরে চালানো আবশ্যক, নতুবা তামা বড় নরম ধাতু বলিয়া ছিঁড়িয়া বা খেঁলাইয়া যাইতে পারে। যতক্ষণ না কম্যুটেটারটি ঠিক গোল হয়, ততক্ষণ পর্যন্ত এইভাবে অল্প অল্প করিয়া কাটিতে হয়। অনন্তর খুব মিহি উকো (dead smooth file) চালাইয়া উহার উপরিভাগ সমান করিয়া দিয়া সাধা শিরীষ কাগজ (sand paper) দিয়া মাজিয়া চক্চকে করিয়া দিতে হয়। কম্যুটেটার মাজিবার সময় কাল শিরীষ কাগজ (emery cloth) কখন ব্যবহার করিতে নাই। সাধারণতঃ এই নিয়মটি অনেকে জানিয়াও গ্রাহ্য করেন না। কম্যুটেটার মাজিবার পক্ষে কার্বোরাণ্ডাম্ (carborundum) কাগজই প্রশস্ত, অভাবে সাধা শিরীষ কাগজ দিয়াও কাজ চলে। শিরীষ কাগজ দিয়া কম্যুটেটার মাজিবার সময় অনেকেই কাগজের টুকরাটি হাতে করিয়া উহার উপর চাপিয়া ধরে, কিন্তু তাহা ঠিক নহে। ইহাতে কম্যুটেটার “বাদামে” হইয়া যাইতে পারে। ১৯৭নং চিত্রে যেরূপ দেখানো হইয়াছে, সেইরূপ একটি কার্টের আসবাব এমন ভাবে তৈরী করিয়া লইতে হয় যে, কম্যুটেটারের গায়ের উপর তাহার খাঁজটির ঠিক “পাড়ান্” হয়। নীচের কার্টের উপরের দিকে পাতলা কার্টের একটি “চাপা” থাকে। এই দুই কার্টের ভিতর শিরীষ কাগজের দুইটি দিক শুষ্ক জিয়া দিতে হয়।

উপরে যে কার্ঠের হাতলটি (Handle) থাকে, তাহাতে একটি জু বসানো থাকে। এই জুটি নীচের কার্ঠের সহিত আঁটিয়া দেওয়া হয়। এখন এই কার্ঠটি কম্বুটেটারের উপর চালিয়া ধরিলে কম্বুটেটার পালিশ হইবে, অথচ উহা “বান্ধায়ে” হইয়া বাইতে পারিবে না।



কম্বুটেটার মাল্টির আসবাব
১৯৭৮ চিত্র

কম্বুটেটার মাল্টি হইয়া গেলে উহার স্কেম্বেন্টের খাঁজের ভিতর হইতে তাহার কুচি সকল ভাল করিয়া ঝাড়িয়া ও খুঁটিয়া ফেলিয়া দিতে হয়। যেমনি খুব বড় হইলে তাহার সহিত অনেক সময় কম্বুটেটার টার্প করিবার বন্দোবস্ত থাকে; কারণ খুব বড় মেনিনের আর্থেচার বাহির করা সহজ নহে। কম্বুটেটার সামান্য উকথুফ হইলে টার্প করিবার দরকার করে না,—কেবলমাত্র ভাল করিয়া সাধা শিরীষ কাগজ দিয়া মাল্টিয়া দিলেই চলে। কম্বুটেটার বাহাতে ভাল চলে ও ঘন ঘন উকথুফ হইয়া না যার সেইজন্য উহার উপরে অতি সামান্য পরিমাণে ভেসিলিন (vaseline) বা দুই এক ফোঁটা তেল মাখাইয়া দিলে চলিতে পারে। কিন্তু ভেসিলিন বা তেল বেশী মাখানো

খারাপ, কারণ তাহাতে বড় লীজ চট্টচটে একপ্রকার ময়লা জমে। তেল বা ভেসিলিন অধিক থাকিলে কম্বুটেটারের উপর ত্রাশ ভাল করিয়া বসিতেও পারে না; উহার মধ্যে তেলের একটি পর্দা (film) থাকিয়া যার আর তাহাতে আশ্রয় দেওয়া আরও বাড়ে। অনেক সময় আবার বেরারিং (bearing) টিলা হওয়ার দরুন কম্বুটেটারে আশ্রয় দেয়। এইরূপ হলে কম্বুটেটার বা শাক্ট (shaft) বেশ ভালই থাকে, কেবলমাত্র বেরারিং টিলা হওয়ার জন্য চলিবার সময় আর্থেচার নাচিতে থাকে আর কম্বুটেটার হইতে আশ্রয় বাহির হয়। কম্বুটেটারের কোন একটি স্কেম্বেন্ট উঠিয়া পড়া বা বসিয়া যাওয়া কিংবা অল্ডের ইন্সলেশন্ বাহির হইয়া পড়ার কারণ এই হইতে পারে যে, যে-সকল জু কিংবা মুহুরী (nut) দিয়া কম্বুটেটারের পাশের রিং (end-ring) আঁটা থাকে, তাহা হয়ত টিলা হইয়া গিয়াছে। ইহার প্রতিকার, এই সকল জু বা মুহুরী ভাল করিয়া আঁটিয়া দেওয়া। এই সকল মুহুরী সাধারণতঃ অধিক জোরেই আঁটা থাকে। সেইজন্য শুধু “রেক” (wrench) দিয়া আঁটা না গেলে “রেকের” হাতলের উপর একটি লম্বা পাইপ (pipe) পরাইয়া লইয়া তাহার দ্বারাও আঁটা চলিতে পারে। ইহাতে খুব জোর পাওয়া যায়। অতঃপর ইহাতেও যদি কম্বুটেটার ঠিক গোলে আসিয়া না দাঁড়ায় বা উহাতে কোন “উচুনীচু” থাকে, তবে তাহা লেবে তুলিয়া টার্প করিয়া লইতে হয়।

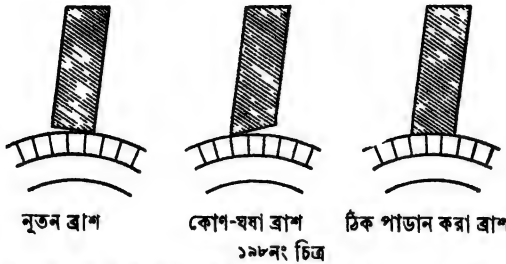
২য় কার্ণ। ত্রাশ ভাল করিয়া কম্বুটেটারের উপর বসে না।

লক্ষণ। ব্রাশ-হোল্ডারে (brush-holder) ব্রাশ বড় আঁট হয়, ফলে ব্রাশ কম্ব হইয়া বাওয়াতে পূর্বের মত আর জোর পায় না। ব্রাশ ভাল করিয়া “পাড়ানো” না হওয়ার কেবলমাত্র দুই এক জায়গায় অথবা একটি মাত্র জায়গাতেই উহা কম্যুটেটারের উপরিভাগ ছুঁইয়া থাকে। কম্যুটেটারের উপর অধিক মাত্রায় তেল ও ময়লা থাকার দরুনও ব্রাশ ভাল করিয়া বসিতে পারে না (১ম কারণ দেখ)। কার্বন (carbon) ব্রাশ ব্যবহার করিলে প্রায়ই উহা অধিক গরমে কম্ব হইয়া কম্যুটেটারের উপরে একরূপ কাল পর্দার মত “ছোপ” ধরাইয়া দেয় (ব্রাশ ও কম্যুটেটার গরমের” ৪র্থ ও ৫ম কারণ দেখ)। ব্রাশের কার্বন বেশী নরম অথবা স্রীংয়ের চাপ বেশী হইলেও এই দোষ দেখা দেয়। ব্রাশ বড় বেশী কড়া (hard) হওয়ার জন্য ভাল করিয়া কম্ব হয় না, ফলে উহা কম্যুটেটারের উপরে ভাল করিয়া বসে না; কিংবা মেশিন বড় কাঁপে বলিয়া ব্রাশ কম্যুটেটারের উপর ভাল করিয়া পড়িয়া থাকিতে পারে না।

প্রতিকার। ব্রাশ-হোল্ডারে ব্রাশ আঁট হইলে অনেক সময় কার্বন-ব্রাশের গায়ে পিতলের আঁচড় পড়িয়া যায়। ইহা ব্রাশ আঁট হওয়ার চিহ্ন। সেক্ষেত্রে একখানি উকোর উপরে ব্রাশখানি ফেলিয়া দুই চারি বার ঘসিয়া ঠিক মত করিয়া লইলেই কাজ চলে। সকল মেশিনেই স্রীংয়ের জোর কম-বেশী করিবার ব্যবস্থা থাকে। স্রীংয়ের জোর কম বলিয়া মনে হইলে উহাকে একটু বেশী করিয়া আঁটিয়া দিয়া অত্যন্ত স্রীংয়ের জোরের সহিত মিলাইয়া দিতে হয়। স্রীংয়ের জোর বেশী হইলে ব্রাশ ও কম্যুটেটার গরম হয় এবং অল্প দোষের উৎপত্তি ঘটায়। স্রীংয়ের জোর সাধারণতঃ প্রতি বর্গ-ইঞ্চি ব্রাশে ০.৭৫ হইতে ১ কিলোগ্রাম আন্ডাজ হইয়া থাকে। কোন ব্রাশে স্রীংয়ের জোর কত হইবে তাহা বাহির করিতে হইলে ব্রাশের চওড়াইকে মোটাই দিয়া গুণ করিয়া তাহাকে আবার ১২ বা ২ দিয়া গুণ কর। অতঃপর একটি ছোট স্রীং-ব্যালান্স (spring balance) লইয়া তাহার হকের সঙ্গে ব্রাশের স্রীং আটকাইয়া টানিয়া ধরিলে ঐ স্রীংয়ের জোর কত তাহা জানা যাইবে। ব্রাশ বড় নরম হইলে তাহা বদলাইয়া দিতে হয়; কিন্তু বেশী কড়া ব্রাশ দিতে নাই। সকল স্রীংয়ের জোর সমান করিয়া দিতে হয়। ব্রাশ ছোট হইয়া গেলে উহা খুলিয়া লইয়া আর একটি নতুন ব্রাশ পরাইয়া দিতে হইবে। ব্রাশ ভাল করিয়া পাড়ানো না থাকিলে কম্যুটেটারে অধিকাংশ সময় আগুন দিয়া থাকে।

অনেকে নতুন একটি ব্রাশ লইয়া কেবলমাত্র তাহার মাথাটুকু উকো দিয়া ঘসিয়া দিয়াই হোল্ডারে পরাইয়া দেন। ইহাতে ব্রাশটি চৌচাণটে কম্যুটেটারের উপর বসে না বলিয়া উহাতে আগুন দেয়। ব্রাশ ভাল করিয়া কম্যুটেটারের উপর বসানো নিত্যন্ত আবশ্যিক। সাধারণতঃ ব্রাশ এইরূপে পাড়ানু করা হইয়া থাকে :—ব্রাশটি হোল্ডারের ভিতর বখাখানে রাখিয়া স্রীং আঁটিয়া দিতে হয়; পরে ব্রাশ আর কম্যুটেটারের মধ্যে একখানি ০-নম্বরের সাদা শিরীষ কাগজ পরাইয়া উহা চাপিয়া ধরিতে হয়। শিরীষ কাগজখানি এত লম্বা হওয়া আবশ্যিক যাহাতে উহা কম্যুটেটারের চারিদিক ঘিরিয়া থাকিতে পারে। কাগজের চওড়াই কম্যুটেটারের চওড়ার সমান হইবে। একব্যক্তি ৩০ [ডি. সি.]

কাগজখানি ঠিক জায়গায় ধরিয়ে থাকিবে, আর অল্প এক ব্যক্তি আর্যেচারটি একবার এদিকে আর একবার ওদিকে ঘুরাইতে থাকিবে। মেনিন ছোট হইলে একজনের দ্বারা এই কাজ হইতে পারে। এইরূপ করিলে ত্রাশটি শিরীষ কাগজের উপরে বসিয়া বসিয়া ঠিক কম্যুটেটারের সহিত “পাড়ান” হইয়া যায়। কাজটি ঠিকমত হইল কিনা তাহা দেখিবার জন্য কাগজখানি খুলিয়া লইয়া ত্রাশগুলি যথাস্থানে রাখিয়া মেনিনটিকে একটু হাতে করিয়া ঘুরাইলে ত্রাশের যে মাথা (face) কম্যুটেটারের উপর বসিয়া থাকে, তাহাতে চক্চকে দাগ পড়ে। যদি মাত্র দুই এক জায়গায় এইরূপ দাগ পড়ে, তবে



বুঝিতে হইবে যে এখনও ত্রাশ ভাল করিয়া “পাড়ান” কবা হয় নাই। অনেক জায়গায়,—বা উহার সবটায়,—দাগ পড়িলে তবেই বুঝিতে হইবে ত্রাশ ঠিক ‘পাড়ান’ হইয়াছে। কম্যুটেটার ও ত্রাশের উপর অধিক তেল ও ময়লা থাকিলে তাহা পরিষ্কার করিয়া কাপড় দিয়া মুছিয়া লইতে হয়। কখন কখন ময়লা এত চট্‌চটে থাকে যে, পেট্রোল দিয়া না ধুইলে যায় না। এই ময়লা থাকার দরুন ত্রাশ কম্যুটেটারে জড়াইয়া যায়, “জঙ্কড” করিয়া আওয়াজ হয় ও আগুন দেয়। কার্বন ত্রাশ ভাল করিয়া না “পাড়াইয়া” ব্যবহার করিলে কম্যুটেটার একেবারে কাল হইয়া যায়, অতিরিক্ত গরম হয়, ও প্রায়ই আগুন দেয় (“কম্যুটেটার গরমের” ৪র্থ কারণ)। ত্রাশকে ভাল করিয়া পাড়ান করাই ইহার একমাত্র প্রতিকার। তবে আবার সময়ে সময়ে ত্রাশের কার্বনের দোষেও এইরূপ হইয়া থাকে। তখন সেই ত্রাশকে বদলাইয়া ফেলিতে হয়। ত্রাশ বেশী কড়া হইলে উহা ক্ষয় না হইয়া কম্যুটেটারের গা ক্ষয় করিয়া দেয় আর তাহা উকখুক হইয়া পড়ে (১ম কারণ)। এইরূপ ত্রাশ চোখে পড়িবামাত্র বদলাইয়া দেওয়া উচিত। কোন মেনিনে কি ধাতের ত্রাশ দিতে হইবে তাহা উহার নির্মাতাগণের নিকট হইতে জানিয়া লওয়াই ঠিক পদ্ধতি; কিংবা পুরাতন ত্রাশটি তাঁহাদের কাছে পাঠাইয়া দিলেও চলে। মেনিন কাঁপিলেও কম্যুটেটারে আগুন দেয়। মেনিনে এই দোষ জন্মিয়াছে কিনা তাহা দেখিতে হইলে উহার ফাউন্ডেশন্-বোল্ট (foundation bolt) হইতে আরম্ভ করিয়া অন্তান্ত সমস্ত অংশে হাত দিয়া পরীক্ষা করিতে হয় এবং দোষের প্রকৃত জায়গা বাহির করিয়া দেখিতে হয় মেনিন চলিবার সময় ইহারই জন্য কম্যুটেটার হইতে ত্রাশ উঠিয়া পড়িতেছে কিনা। মেনিনের তড়িৎ-চাপ ২২০ ভোল্ট অপেক্ষা বেশী হইলে একখানি তক্তা বা রবারের চাদরের উপর দাঁড়াইয়া মেনিন পরীক্ষা করা নিরাপদ।

ওভার লোড। আর্যেচার দিয়া বড় বেশী কারেন্ট বাইতেছে। মেশিন বেশী লোডে (overload) চলিতেছে, অর্থাৎ মেশিন যত শক্তি (power) সরবরাহ করিতে পারে, তাহা অপেক্ষা বেশী শক্তি উহা হইতে লওয়া হইতেছে। ইহা অনেকগুলি কারণে হইতে পারে। (ক) জেনারেটর বেশী জোরে ঘুরিতে থাকা; (খ) কোন একটি জেনারেটর যতগুলি আলো, পাখা ও মোটরকে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিতে পারে তাহা অপেক্ষা অধিক আলো, পাখা বা মোটরের জঙ্ক বিদ্যুৎ লওয়া; (গ) লাইনের কোন জায়গায় লীক (leak), সর্ট-সার্কিট (short-circuit) বা ভূমিসংযোগ (earth) থাকা; (ঘ) মোটরের ক্ষমতা যত, অর্থাৎ মোটর যতগুলি অম্প মেশিন টানিতে পারে তাহা অপেক্ষা আরও বেশী মেশিন উহার সঙ্গে জুড়িয়া দেওয়া। ইহা ছাড়া (ঙ) লাইন মোটর লাইনের ভোল্টেজ (line voltage) ও সিরিজ মোটরের লাইনের কারেন্ট (line current) নির্দিষ্ট পরিমাণ অপেক্ষা বেশী হওয়া।

লক্ষণ। জেনারেটরকে কত পাকে চালাইতে হইবে তাহা প্রত্যেক মেশিনের গায়ে (Name Plate) লেখা থাকে। যদি মেশিন তাহা অপেক্ষা বেশী জোরে চলে, তবে উপায় থাকিলে ইঞ্জিন আস্তে চালাইয়া জেনারেটরকে উপযুক্ত গতিবেগে চালানো উচিত; নতুবা কাউন্টার-শাক্টের পুলি (pulley) ছোট করিয়া জেনারেটরের গায়ে উহা যত পাক চলিবে বলিয়া লেখা আছে যাহাতে প্রতি মিনিটে তত পাকের বেশী না চলে, তাহার বন্দোবস্ত করিতে হইবে।

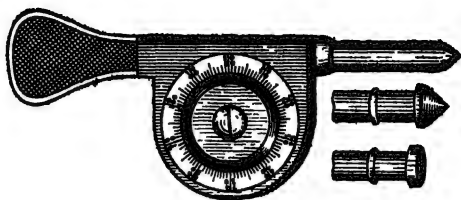
ভিন্ন ভিন্ন নির্মাতার মেশিন ভিন্ন ভিন্ন পাকে চলে। জেনারেটর অভিরিক্ত লোডসহ চলিতেছে কিনা প্রথমে তাহা নির্ণয় করিয়া পরে উহা ঠিক গতিবেগে চলিতেছে কিনা তাহা বুঝিতে হয়, কেননা লোড পড়িলে মেশিন কিছু কম জোরে চলেই। জেনারেটরের সুইচ-বোর্ডের (Switch board) অ্যাম্পিটার (Ammeter) হইতে কারেন্ট আর ভোল্টমিটার (Voltmeter) হইতে ভোল্টেজ দেখিয়া লইয়া একটির অন্তর্গত দিয়া গুণ করিলে যদি সেই গুণফল ডাইনামোর গায়ে লেখা বৈদ্যুতিক শক্তি অপেক্ষা বেশী হয়, তবেই বুঝিতে হইবে যে জেনারেটর বেশী লোডে চলিতেছে। মনে কর, জেনারেটরের অ্যাম্পিটারে ২০ অ্যাম্পিয়ার ও ভোল্টমিটারে ২২০ ভোল্ট দেখাইতেছে।

অতএব জেনারেটরের উৎপাদিত শক্তি $\frac{220}{1000} \times 20 = 8.8$ কিলোওয়াট হইল। এখন

যদি জেনারেটরের গায়ে উহার ক্ষমতা ৪ কিলোওয়াট লেখা থাকে, তবে বুঝিতে হইবে ডাইনামো সামান্য বেশী লোডে চলিতেছে। অনেক সময় কতগুলি আলো, কয়টি পাখা, বা কত অংশ-শক্তির কয়টি মোটর জেনারেটর হইতে বিদ্যুৎ সরবরাহ পাইতেছে, তাহা দেখিয়াও ডাইনামোর লোড (load) হিলাব করা হইয়া থাকে। লাইনে লীকেজ, সর্ট-সার্কিট বা ভূমি-সংযোগ থাকিলে তাহাতেও বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হয় এবং সেই কারেন্ট জেনারেটরকেই সরবরাহ করিতে হয়।

যখন মোটর অভিরিক্ত লোডসহ চলে, তখন তাহার গতিবেগ কমিয়া যায়।

দুইরকম বস্তু দিয়া ঘোটরের গতিবেগ মাপা যায়,—(১) ট্যাকোমিটার (tachometer) আর (২) স্পীড-কাউন্টার (speed-counter)। ট্যাকোমিটার দিয়া গতিবেগ দেখিতে হইলে উহার “ডাট” বা স্পিন্ডলটি (spindle) ঠিক সোজা করিয়া শাক্টের ধারে (end) যে সেন্টার-পাঞ্চ (centre punch) থাকে, তাহার উপর চাপিয়া ধরিতে হয়। তখন ঐ মেলিন প্রতি মিনিটে কত পাক ঘুরিতেছে তাহা ট্যাকোমিটারের কাঁটা হইতে বুঝা যায়। স্পীড-কাউন্টার দিয়া গতিবেগ দেখিতে গেলে উহার সঙ্গে একটি ঘড়ির দরকার হয়। বাঁ হাতে ঘড়ি ধরিয়া স্পীড-কাউন্টারের স্পিন্ডলটি ট্যাকোমিটারের মতই শাক্টের পাশে চাপিয়া ধরিতে হয়; কিন্তু চাপিয়া ধরিলে আগে



স্পীড-কাউন্টারের ছবি

১৯২৭ চিত্র

স্পীড-কাউন্টারের কাঁটাটি ঘুরাইয়া শূন্য দাগে আনিতে হয়, কিংবা উহার কাঁটা কোনখানে আছে তাহা দেখিয়া রাখিতে হয়। ঠিক যে মুহূর্তে স্পীড-কাউন্টারটি শাক্টের সঙ্গে লাগান হইল, সেই মুহূর্তে ঘড়িটিও দেখিতে হয়। তাহার পর যেমনি ৬০ সেকেন্ড (অর্থাৎ এক মিনিট) সময় অতীত হইবে, তখনই স্পীড-কাউন্টারটি শাক্ট হইতে খুলিয়া লইতে হইবে। ইতিমধ্যে নজর রাখিতে হইবে, স্পীড-কাউন্টারের কাঁটাটি যেখান হইতে ঘুরিতে আরম্ভ করিয়াছিল, এক মিনিটের মধ্যে কতবার সেখান দিয়া ঘুরিয়া গিয়াছে। মেলিনের প্রতি ১০০ পাকে কাঁটা একবার ঘুরিয়া আসে। সুতরাং এক মিনিটের মধ্যে কাঁটা ষতবার ঘুরিয়া আসিয়াছে, মেলিন তত শত-পাক চলিয়াছে, এবং সবশেষে এক পাকের যে অংশ গিয়া কাঁটা দাঁড়াইয়াছে, তাহার দাগ দেখিয়া সহজেই সমুদ্র পাকের সংখ্যা নির্ণয় করা যায়। এইরূপে এক মিনিটে মেলিন সর্বসমেত কত পাক ঘুরিয়াছে তাহা জানা যাইতে পারে। এই পরীক্ষার সময় দুইজন লোক হইলে ভাল হয়,—একজন ঘড়ি দেখিবেন এবং কখন বস্তুটি লাগাইতে হইবে ও কখন খুলিয়া লইতে হইবে তাহা বলিবেন, এবং অপরজন বস্তুটি দেখিবেন। কিন্তু অভ্যাস হইয়া গেলে একজনের দ্বারাই পরীক্ষা যথেষ্ট নিতুল ভাবে করিতে পারা যায়।

লচরাচর আরও যে ঘড়ি ব্যবহার করিয়া থাকি তাহা না লইয়া এ পরীক্ষার সময় অল্প এক রকম ঘড়ি ব্যবহার করা হয়; ইহাকে স্টপ-ওয়াচ (stop-watch) বলে। এই ঘড়ির বিশেষত্ব এই যে, ইহাতে সময় দেখা যায় না। ইহার কাঁটাটি ডায়ালের (Dial; শঙ্ক-পট্ট) উপর দিয়া প্রতি মিনিটে একবার করিয়া ঘুরিয়া আসে, এবং ঘড়ির বাঁধা প্রথমবার টিপিবারাত্র ঘড়ি চলিতে থাকে, আর দ্বিতীয়বার টিপিবারাত্র মুহূর্ত মধ্যে ঘড়ি বন্ধ হইয়া যায়। ইহাতে এক লেকেওরও কম অংশ ধরা পড়ে, এবং

তৃতীয়বার বাধাটি টিপিবারাজ কাঁটাটি চক্কর পলকে শূন্য দাগে ফিরিয়া আসে। স্টপ-ওয়ার্ড এই সকল কাজের জন্তই ব্যবহৃত হয়।

বেয়ারিং টিলা, শাক্ট বাঁকা ইত্যাদি অল্প কোন কারণে যদি মেশিনের আর্মেচার ফীল্ড-পোলার গায়ে ঘসড়াইতে থাকে, তবে তাহাতে মোটর চলিতে অধিক শক্তির প্রয়োজন হয় এবং তাহাতেও কম্বাটেটোরে আগুন দেয়। এই তিনটি কারণের যে কোনটিতেই হউক না কেন, আর্মেচারে কারেন্ট এত বেশী হইতে পারে যে, আর্মেচার-কয়েল একেবারে পুড়িয়া বাইতে পারে। এরূপ স্থলে দুইটি কম্বাটেটার-সেগ্মেন্টের মাঝে পোড়া দাগ পড়ে। সেই চিহ্ন হইতেই বুঝা যায় যে, আর্মেচারে অধিক কারেন্ট বাইতেছে। ফীল্ড-পোলে আর্মেচার ঘসড়াইতেছে কিনা কিংবা অল্প কোন অংশ বেশী আঁট হইয়া মোটরকে ঘুরিতে বাধা দিতেছে কিনা তাহা জানিবার জন্ত মোটর বন্ধ করিয়া আর্মেচারকে আস্তে আস্তে হাতে করিয়া ঘুরাইতে হয়। যেখানে ঠেকিতেছে, আর্মেচারকে ঘুরাইতে দেখানো হাতে বেশী জোর লাগে। যে যে জায়গায় ঘসড়ায়, সেখানটা চক্চক্ করে এবং অনেক সময় কিছু গরমও হয়; ইহা হইতে দোষের জায়গা ধরা পড়ে। যদি ভুলক্রমে বেয়ারিংয়ে তেল দেওয়া না হয়, তাহা হইলেও এ অবস্থা ঘটিতে পারে। মেশিন ছোট হইলে হাতে করিয়া আর্মেচার ঘুরাইয়া কোথায় ঠেকিতেছে তাহা টের পাওয়া যায়। কিন্তু মেশিন বড় হইলে হাত দিয়া ঘুরানো চলে না; তখন অল্প উপায়ে পরীক্ষা (test) করিতে হয়। জেনারেটোর বা মোটর চলিবার সময় ভিন্ন ভিন্ন অংশের ঘর্ষণের (friction) জন্ত কিছু শক্তির অপচয় ঘটে। বড় বড় মেশিনে এই অপচয় উহার ক্ষমতার শতকরা চার-পাঁচ ভাগ (4 or 5 per cent) মাত্র হইয়া থাকে। মেশিন ছোট হইলে ইহার পরিমাণ কিছু বৃদ্ধি পায়। তখন ইহা শতকরা ৫ হইতে ১০ ভাগ পর্যন্ত হইয়া থাকে। এখন, যদি জেনারেটরকে মোটরের মত করিয়া কারেন্ট দিয়া চালানো যায় ও তাহাতে যে শক্তি খরচ হইতেছে তাহা ঐ জেনারেটরের উৎপাদিত শক্তির শতকরা ৫ হইতে ১০ ভাগের বেশী কিনা তাহা বাহির করা হয়, তবে উহার ভিতরে কোন জায়গায় আর্মেচার ঠেকিতেছে কিনা তাহা সহজেই ধরা পড়ে। যেখানে মাত্র একটি জেনারেটর হইতে কারেন্ট উৎপন্ন হয়, সেখানে এই পদ্ধতির সাহায্যে জেনারেটরকে পরীক্ষা করা চলে না। কিন্তু যদি ব্যাটারি (storage battery) বা কারেন্ট পাইবার অল্প কোন উপায় সেখানে থাকে, তবে এ পরীক্ষা করা চলিতে পারে।

প্রতিকার। বাহাতে মেশিনের গতিবেগ (speed) ঠিকমত থাকে, তাহা করিতে হইবে। উপযুক্ত বেগে চলিয়াও যদি জেনারেটর অধিক ভোল্টেজ উৎপন্ন করে, তবে উহার ফীল্ড-সার্কিটের সঙ্গে কিছু রেজিস্ট্যান্স যোগ করিয়া দিয়া ফীল্ডের জোয় কমাইয়া লইতে হইবে। যদি তাহাতেও না হয়, তবে ফীল্ড-কয়েল খুলিয়া কেলিয়া নতুন করিয়া কয়েল জড়াইতে হইবে; কিন্তু ইহা প্রায়ই দরকার হয় না। মোটরের ক্ষেত্রে ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স কমাইয়া ফীল্ড দিয়া আরও বেশী

কারেন্ট পার্ঠাইলে মোটরের গতিবেগ কম হয়। লাইনে লীক প্রভৃতি থাকিলে কোথায় লীক, সর্ট-সার্কিট বা ভূমি-সংযোগ আছে তাহা বাহির করিয়া শুধরাইতে হইবে। বেয়ারিং টিলা থাকিলে, তাহা খুলিয়া লইয়া “টান” কাটিয়া দিতে হইবে। আর যদি বেয়ারিং বড বেশী টিলা হইয়া গিয়া থাকে এবং উহা হোয়াইট মেটালের (white metal) হয়, তবে বুশের পিতল হইতে পুরাতন হোয়াইট মেটাল কাটিয়া বাহির করিয়া পিতলের উপর নুতন করিয়া মেটাল গালাইয়া ঢালিতে হইবে এবং লেদে তুলিয়া তাহা ঠিক মাপ মত টার্ন করিয়া লইতে হইবে। (বেয়ারিং “টান কাটা” সম্বন্ধে “বেয়ারিং গরম” অধ্যায়ের ৩য় কারণের প্রতিকার দেখ)। শাক্‌ট বাকিয়া গেলে তাহা সোজা করা কঠিন ব্যাপার। বাকি শাক্‌ট প্রায়ই ঠিক সোজা হয় না। আবার অনেক সময় শাক্‌ট এমন জায়গায় বাকিয়া যায় যে তাহা সোজা করাও চলে না। শাক্‌ট বাকিয়া গেলে তাহা বদলাইয়া ফেলাই ভাল।

ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স। বাধা দেওয়ার ক্রিয়াকে ইংরাজিতে “রেজিস্ট” (resist) করা বলে; আর বাধা দেওয়ার ক্ষমতার নাম “রেজিস্ট্যান্স” বা (বাংলায়) রোধ। কোন তার বা পরিবাহী (conductor) দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় কারেন্ট যে বাধা পায়, তাহাকে ঐ পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স বলে। কোন অন্তরিত (insulated) তারের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইবার সময় অতি সামান্য হইলেও ইন্সুলেশন ফুঁড়িয়া কিছু না কিছু কারেন্ট অপচয় হয়, ইহার নাম কারেন্ট লীক (leak) করা। যতটা কারেন্ট লীক করে, তাহাকে লীকেজ কারেন্ট (leakage current) বলে। কারেন্ট যত বেশী লীক করে ততই ক্ষতি। আর তারের উপরে যে অন্তরণ দেওয়া থাকে, তাহা লীকেজ কারেন্টকে যত বেশী বাধা দিতে (রেজিস্ট করিতে) পারে ততই লাভ। সুতরাং তারের ইন্সুলেশনের রেজিস্ট্যান্স যত বেশী হয় ততই ভাল। “ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স” বলিতে ইহাই বুঝায়। কারেন্ট যেমন অ্যাম্পিয়ারে মাপা হয়, রেজিস্ট্যান্স তেমনি মাপা হয় “ওম”-এ (ohm)। দশ লক্ষ ওমের (১০,০০,০০০) নাম মেগ-ওম (megohm)। ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স সাধারণতঃ মেগ-ওমে মাপা হইয়া থাকে।

তারের যেমন ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স মাপা দরকার, মেনিনেরও তেমনি ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স মাপা প্রয়োজন। কেন না ইহার উপরেই মেনিনের অবস্থার ভাল-বন্দ নির্ভর করে। যদি মেনিনের ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স এত বেশী হয় যে আর্মেচার, ফীল্ড-কয়েল, কমুটেটর প্রভৃতি যে-সব অংশ দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হয় তাহা হইতে কিছুমাত্র কারেন্ট লীক করিতে না পারে, তবে তাহা অপেক্ষা বেশী ভাল আর কিছু হইতে পারে না। এমন অবস্থায় মেনিনের ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স “ইন্ফিনিটি” (Infinity; অনন্ত) হয়। লীকেজ কারেন্টের পরিমাণ যত বৃদ্ধি পাইতে থাকে, বৃদ্ধিতে হইবে মেনিনের ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স তত কমিতেছে। যখন “ইন্ফিনিটি” না হয়, তখন তার বা মেনিনের ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স মেগ-ওমে মাপা হয় (যেমন

৫'০ মেগ-ওম্ ; ১'৫ মেগ-ওম্ ; ইত্যাদি) । লোকেজ কারেন্ট আরও বেশী হইলে ইন্সুলেশন্ রেজিস্ট্যান্স আরও কম হয় ; তখন উহা আর মেগ-ওমে রাশা চলে না । অবশেষে যখন কারেন্ট সবটুকুই লীক করে, তখন ইন্সুলেশন্ রেজিস্ট্যান্স শূন্য হইয়া যায় । ইহা মেনিনের একেবারে সর্ট-সারকিটের অবস্থা । অতএব দেখা বাইতেছে যে, যদি কোন মেনিনের ইন্সুলেশন্ রেজিস্ট্যান্স “ইনফিনিটি” হয়, তবে তাহাতে “গ্রাউণ্ড” বা ভূমি-সংযোগ থাকিতে পারে না ।

এই ইন্সুলেশন্ রেজিস্ট্যান্স-টেস্ট মেনিনের পক্ষে কত যে দরকারী, তাহা এখন কাহারও বুঝিতে বাকী থাকিবে না । মেনিনের আর্মচার, ফীল্ড-কয়েল প্রভৃতি ভিন্ন ভিন্ন অংশের ইন্সুলেশন্ রেজিস্ট্যান্স সম্ভব হইলে ইনফিনিটি হওয়াই উচিত,—অর্থাৎ উহাতে ধেন একেবারে “গ্রাউণ্ড” না থাকে ; কিন্তু কার্যতঃ তাহা হয় না ।

কোন মেনিন চালাইবার জন্ত ওয়্যারিং (wiring) শেষ করিয়া মেনিনকে স্বাস্থানে বসাইয়া লাইনের সঙ্গে সংযোগ করিবার পূর্বে ইন্সুলেশন্ রেজিস্ট্যান্স-টেস্ট করিতে হয় । দুই রকম যন্ত্র দিয়া এই পরীক্ষা করা যায়,—(১) ভোল্টমিটার দিয়া ; (২) মেগার টেস্টিং সেট (Megger Testing Set) দিয়া । মেগার অথবা ভোল্ট-মিটার দিয়া কিরূপে এই পরীক্ষা করা যায় তাহা প্রথম অধ্যায়ের অষ্টম পরিচ্ছেদে বলা হইয়াছে ।

৪র্থ কারণ । আর্মচার-কয়েলে সর্ট-সারকিট, উহার কয়েলের মুখ উল্টাপাল্টা হইয়া যাওয়া, অথবা আর্মচারে “আর্থ” (earth) হওয়া ।

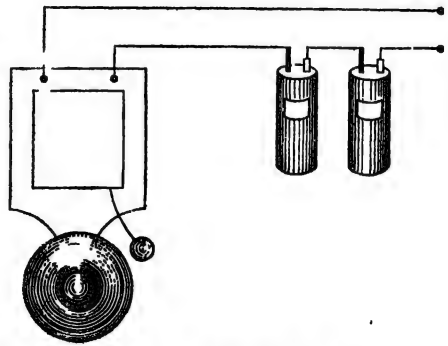
লক্ষণ । আর্মচার-কয়েলে সর্ট-সারকিট থাকিলে আর্মচার আশ্বে আশ্বে ঘুরিলেও কম্যুটেটারে আশুন দেয় । কিন্তু এই আশুন দেওয়ার একটু বিশেষত্ব আছে । যদি একটিমাত্র কয়েলে সর্ট-সারকিট থাকে, তবে সেই কয়েলটির দুই প্রান্ত (terminals or loop) কম্যুটেটারের যে-দুইটি সেগ্মেন্টের সহিত ঝালা থাকে, সেই সেগ্মেন্ট দুইটি যখন ব্রাশের নীচে আসে, তখনই তাহা হইতে আশুন বাহির হয় । এই আশুনের পরিমাণ কিছু বেশী, ও প্রতি পাকে ইহা মাত্র একবার করিয়া দেখা দেয় । আর্মচার বেশী জোরে ঘুরিলে ও সর্ট-সারকিট একটু বেশী হইলে কম্যুটেটারের চারিদিকে একটি আশুনের রিং-এর মত দেখা যায় ।

কয়েলে সর্ট-সারকিট থাকিলে জেনারেটারের আর্মচারকে ঘুরাইতে ইঞ্জিনের বেশী জোর লাগে । এমন কি অনেক সময় ইঞ্জিনের গতিবেগ কম হইয়া যায় । মোটরের ক্ষেত্রে অ্যান্ডিটারে বড় বেশী কারেন্ট দেখায়, প্রায়ই সারকিটের ফিউজ-তার পুড়িয়া যায় । এমন কি যে কয়েলে সর্ট-সারকিট হইয়াছে, তাহা জলিয়া পুড়ন্ত যায় । যে কয়েলে সর্ট-সারকিট হইয়াছে অল্প কয়েল অপেক্ষা তাহা অধিক গরম হয়, এবং কয়েলের উপরে যে পালিশ বা রং লাগান থাকে তাহা গলিয়া গিয়া পোড়া গন্ধ বাহির হয় । সর্ট-সারকিট হইলে মেনিন শীঘ্রই পুড়িয়া বাইবার সম্ভাবনা থাকে । সেইজন্য অবিলম্বে উহা বন্ধ করা উচিত । আবশ্যক হইলে মেনিনকে এক-আধ বার চালাবো

বাইতে পারে বটে, কিন্তু তাহাও অতি অল্পকালের জন্য। একবার চালাইবার পর কয়েলকে ঠাণ্ডা হইবার সময় না দিয়া আবার চালাইতে নাই। পরম অবস্থায় চালাইতে গেলে কয়েল পুড়িয়া বাইবে। যখন মেশিন চলিতে থাকে, তখন একটা লোহা বা জু-ড্রাইভার (screw driver; জিঙ্ক বা প্যাচকব্) মেশিনের দুই পোলার মাঝখানে শক্ত করিয়া ধরিয়া থাকিলে যতবার ঐ সর্ট-সারকিটযুক্ত কয়েল উহার কাছ দিয়া বাইবে, ততবারই ঐ লোহাকে টানিতে থাকিবে। এই টান মেশিনের প্রত্যেক পাশে কেবলমাত্র একবার করিয়া হইবে। এই উপায়ে পরীক্ষা করিবার সময় লোহা বা জু-ড্রাইভারকে খুব শক্ত করিয়া ধরিয়া না রাখিলে উহা মেশিনের মধ্যে চলিয়া গিয়া মেশিনকে নষ্ট করিয়া দিতে পারে। যখন একসঙ্গে অনেকগুলি কয়েলে সর্ট-সারকিট হয়, তখন মোটর আশ্বে চলে এবং মোটরকে চালাইতে অধিক জোর লাগে। এই অবস্থায় ফীল্ডের জোর কিন্তু ঠিকই থাকে। কখন কখন আরম্ভকারের প্রান্ত বা লুপ কম্যুটেটারের সহিত ঝালিবার সময় ভুলক্রমে উন্টাপান্টা হইয়া যায়, আর তাহাতেও এই দোষ হইতে পারে। যখন মেশিন সবমাত্র মেরামত হইয়া আসিয়াছে, বা কোন নতুন মেশিনে এই দোষ দেখা দিতেছে, তখনই এইটি সন্দেহ করিতে হইবে, নচেৎ নহে। সর্ট-সারকিট একই কয়েলের ভিন্ন ভিন্ন তারের মধ্যেও হইতে পারে, আবার এক কয়েলের সহিত অন্য কয়েলেরও হইতে পারে। কখন কখন আরম্ভকারের কয়েল জড়াইবার সময় সামান্য ঢিলা থাকার দরুন এমন সর্ট-সারকিট হইতে দেখা যায় যে, মেশিন চালু করা মাত্র সর্ট-সারকিটের লক্ষণ প্রকাশ পায়; কিন্তু মেশিন থামিলে আর কিছু বুঝা যায় না। এইরূপ দোষ ধরা বড় কঠিন। ইহাকে “ফ্লাইং সর্ট-সারকিট” (flying short-circuit) বলে। যখন কোন কয়েলের কোন অংশ অন্তরণ বা ইনসুলেশন্ নষ্ট হইয়া যাওয়াতে শার্কট, আরম্ভকার-কোর বা অন্য কোন ধাতুর সহিত ঠেকিয়া যায়, তখন যে সর্ট-সারকিট হয় তাহাকে “আর্থ” (earth) বা “গ্রাউণ্ড” (ground) বলে। অনেক মিস্ত্রী ইহাকে “বডি-শর্ট” (body short)-ও বলিয়া থাকে। যদি মেশিনের অন্য অংশের ইনসুলেশন্ ভাল থাকে, তবে একটিমাত্র “আর্থে” কিছু দোষ হয় না। কিন্তু যদি দুই বা ততোধিক জায়গায় “আর্থ” হয়, তবে তাহাতে সর্ট-সারকিটের সমস্ত লক্ষণই প্রকাশ পায়। সারকিটের ভোল্টেজ ২২০ ভোল্ট অপেক্ষা বেশী হইলে নিয়ম অনুসারে মেশিনের “বডি” (body) অর্থাৎ ফ্রেম (frame) ইত্যাদি সমস্তই “আর্থ” করিতে হয়। এইরূপ স্থলে একটিমাত্র “গ্রাউণ্ডেই” সর্ট-সারকিটের লক্ষণ দেখা দেয়। যেখানে বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র (Generating Station) হইতে অল্পবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ ডিনগাছা ভারের সাহায্যে (three-wire D. C. system) সহবরাহ করা হয়, সেখানে যাবতীয় তারকে “নিউট্রাল লাইন” (neutral line) বলে। এই নিউট্রাল-তার প্রায়ই “আর্থ” করা থাকে। এমন জায়গায় একটি মাত্র গ্রাউণ্ডেই মেশিনে সর্ট-সারকিটের সমস্ত দোষ দেখা দেয়। ট্রান্সমিট প্রভৃতিতে যেখানে রেল দিয়া কারেন্ট ফিরিয়া যায় (earth-return), সেখানেও এই কথা খাটে।

প্রতিকার। যে কয়েলে সর্ট-সারকিট হইয়াছে, সেটিকে খুলিয়া লইয়া তাহার জায়গায় আবার নতুন করিয়া তার জড়ানো ভিন্ন অল্প কোন উপায় নাই। একটিন্নাজ জায়গায় সর্ট-সারকিটের অল্প প্রায়ই সমস্ত কয়েল খুলিয়া ফেলিয়া আর্মেরচারকে একেবারে নতুন করিয়া জড়াইতে হয়। তবে অনেক সময় এমন হয় যে, যেখানে আর্মেরচারের লুপ কম্যুটেটারের সহিত জোড়া থাকে, সেখানকার রাং-বাল (solder) গলিয়া গিয়া উহার পাশের সেগ্‌মেন্টের সহিত লাগিয়া যায়। এমনস্থলে ঐ রাংটুকু ছাড়াইয়া দিলেই দোষ দূর হয়। কখন কখন আবার দুই বা ততোধিক কম্যুটেটার-সেগ্‌মেন্টের যাবের অভ্রের ইন্‌সুলেশন্‌ ক্ষয় হইয়া যায় এবং তাহার ভিতরে কার্বন কিংবা তামার কুচি জমিয়াও সর্ট-সারকিট হইয়া থাকে। এমন অবস্থায় একখানি ছুরির ডগা বা “আঁচড়া” দিয়া আন্তে আন্তে সেগুলি পরিষ্কার করিয়া দিলে দোষ দূর হইবে। যখনই কোন সারকিটের ফিউজ-তার (circuit-fuse) বারবার পুড়িয়া যাইতে থাকে, তখনই সে জায়গায় সর্ট-সারকিট হইয়াছে বলিয়া সন্দেহ করিতে হইবে। অনেক সময় এই সর্ট-সারকিট বাহিরেই (যথা, বাতি, সুইচ, লাইন ইত্যাদিতে) ঘটিয়া থাকে। ইহাতে সারকিটের ফিউজই বার বার পুড়িয়া যায়, কিন্তু ডাইনামোর কম্যুটেটারে আগুন দেয় না। আর্মেরচারের প্রান্ত উন্টাপান্টা হইয়া থাকিলে তাহাদিগকে খুলিয়া নিজের নিজের জায়গায় ঝালিয়া দিতে হইবে। মেনিনে আর্থ বা গ্রাউণ্ড হইলে পরীক্ষা করিয়া সেই গ্রাউণ্ডের জায়গা বাহির করিতে হইবে, এবং সম্ভব হইলে আবার সেই অংশে নতুন করিয়া ইন্‌সুলেশন্‌ দিয়া আর্মেরচারের কয়েল জড়াইতে হইবে।

“আর্থ” বা “গ্রাউণ্ড” এইরূপে ধরিতে পারা যায়:—দুই-তিনটি “সেল” বা ড্রাই ব্যাটারি ও একটি বৈদ্যুতিক ঘণ্টা (electric bell) পরস্পরের সহিত সিরিজে জুড়িয়া দিয়া ঘণ্টার এক প্রান্তের তার আর্মেরচার-শাক্টের সহিত লাগাইয়া দিতে হয়। আর্মেরচার-কয়েলের প্রান্ত-গুলি কম্যুটেটার হইতে একে একে খুলিয়া লইয়া প্রত্যেকটির মুখ উচুদিকে ঝিকাইয়া সাবধানে পরে পরে সাজাইয়া রাখিবার পর সেলের অল্প প্রান্তের তার আর্মেরচার-কয়েলের প্রান্তগুলির সহিত একটির পর একটি ঠেকাইলে যে কয়েলের



বৈদ্যুতিক ঘণ্টা দিয়া পরীক্ষা করা

২০০নং চিত্র

সহিত শাক্টের “আর্থ” আছে সেই কয়েলে ঠেকিবারাজ ঘণ্টা বাজিয়া উঠিবে। ইহার দ্বারা কোন কয়েলটির সহিত শাক্টের “আর্থ” বা “গ্রাউণ্ড” হইয়াছে তাহা ধরা যায়। ঘণ্টার পরিবর্তে একটি টেষ্ট-বাতিও ব্যবহার করা চলে। যদি সরবরাহ লাইন

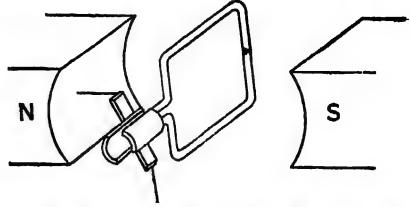
হইতে বা অন্য কোন উপায়ে বিদ্যুৎ সরবরাহ পাওয়া যায়, তবে নিকটের কোন একটি স্বইচ (switch) বা কাট-আউট (cut-out) হইতে একটি লাইনের সহিত বাতি ও অন্তর্ভুক্তির সহিত একটি তার জুড়িয়া দিয়া (কোন লাইনের সহিত বাতি ও কোন লাইনের সহিত শুধু তার যোগ করিতে হইবে, তাহার কোন ধরা-বাঁধা নিয়ম নাই ; দুইটি লাইনের যে কোনটির সহিত যে কোনটি সংযোগ করিলেই চলে) ঐ তার আর্মেরচার-শাফ্টের সহিত যোগ করিলে উপরের স্বত “আর্থ” বাহির করা যায়। এখানে যে কয়েলে “আর্থ” আছে, সেই কয়েলের সহিত তারের অন্য টার্মিনাল ঠেকিযামাত্র ঘণ্টার বদলে বাতি জলিয়া উঠিবে। বাতি স্বত জ্বলে জলিবে, “আর্থ” তত বেশী আছে বুঝিতে হইবে। এই উপায়ে আর্মেরচারের সর্ট-সার্কিটও বাহির করা যায়। তবে ইহাতে ভাল কয়েলগুলি পরীক্ষা করিবার সময় স্বত জ্বরে (এবং একই রকম জ্বরে) বাতি জলিবে, দোষস্থ কয়েল পরীক্ষা করিবার সময় বাতি তাহা অপেক্ষা আরও বেশী জ্বরে জলিবে।

অন্য আর এক উপায়ে “গ্রাউণ্ড” পরীক্ষা করিবার সময় কম্বুটেটার হইতে আর্মেরচার-কয়েলের লুপগুলি খুলিবার দরকার করে না। কম্বুটেটারের উপর একগাছা আঁহুড় (bare) তামার তার এমন করিয়া জড়াইয়া দিতে হয় বাহাতে উহার সব সেগমেন্টগুলিই তারের সহিত ঠেকিয়া থাকে। এখন, যদি লাইন হইতে একটি তার কম্বুটেটারের সহিত আর বাতি হইতে যে তার আসিয়াছে তাহাকে শাফ্টের সহিত ঠেকানো যায়, তাহা হইলে “গ্রাউণ্ড” থাকিলে বাতি জলিয়া উঠিবে, অর্থাৎ যেখানে “আর্থ” আছে সেখান দিয়া কারেন্ট যাইতে থাকিবে। এইবার যদি একটি ছোট চুম্বক দড়ি দিয়া বুলাইয়া (একটি স্প্রিংকে কোন চুম্বকের উপর বা ডাইনামোর ফীল্ড-পোলার উপর ঘসিয়া লইয়া চুম্বকে পরিণত করিলেও চলিতে পারে) একে একে আর্মেরচার-কয়েলগুলির নিকট ধরা যায়, তবে যে কয়েলে “আর্থ” আছে তাহার নিকট চুম্বক আসিগামাত্র হয় ঐ কয়েল চুম্বকটিকে টানিয়া লইবে, আর না হয় চুম্বকটি কয়েলের নিকট হইতে সরিয়া যাইবে। ইহা হইতে বুঝা যাইবে যে সেই কয়েলে “আর্থ” আছে। “আর্থ” বাহির করিবার সময় একসঙ্গে এতগুলি বাতি প্যার্যাললেলে ব্যবহার করিতে হইবে বাহাতে ঐ মেনিনের আর্মেরচার দিয়া স্বত কারেন্ট পাওয়া নিয়ম তাহা অপেক্ষা বেশী কারেন্ট না যায়। এইভাবে পরীক্ষা করিবার সময় আর্মেরচারকে মেনিনের বাহিরে আনিয়া পরীক্ষা করাই ভাল। যদি তাহা করা না হয়, তবে আর্মেরচারে কারেন্ট দিবার আগে মেনিনের ব্রাশগুলি কম্বুটেটারের উপর হইতে তুলিয়া লইতে হইবে।

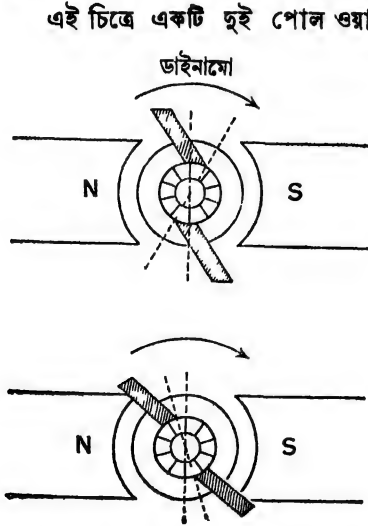
৫ম কারণ। ব্রাশ ঠিক জায়গায় বসানো নাই।

লক্ষণ ও প্রতিকার। যে মেনিনে মাত্র দুইটি ফীল্ড-পোল থাকে, তাহাতে একটি ব্রাশ কম্বুটেটারের উপরের দিকে থাকিলে অন্যটি ঠিক নীচের দিকে অর্থাৎ

১৮০ ডিগ্রী দূরে থাকিবে। যেসিনে চারিটি পোল থাকিলে, একটি ব্রাশ অষ্টটি হইতে ২০ ডিগ্রী দূরে থাকিবে। ইহাই ব্রাশ বসাইবার ঠিক আয়গা, নহিলে কম্যুটেটোরে আশুন দেয়। যে জায়গায় “ব্রাশ-রকার” রাখিলে কম্যুটেটোরে আশুন দেয় না, ভাল যেসিনে লেখানে একটি দাগ দেওয়া থাকে। যদি সেই দাগ অনুযায়ী রকার বসানো না থাকে, কিংবা যদি দাগ দেখিতে না পাওয়া যায়, তবে রকারের হাতলকে (rocker-handle) এক টু এদিকে-ওদিকে ঘুরা ই লে কম্যুটেটোরে আশুন দেওয়াও কম-বেশী হইতে থাকে। জেনারেটর ও মোটরে ঠিক কোন্ জায়গায় ব্রাশ বসাইলে কম্যুটেটোরে আশুন দেয় না, তাহা ২০১নং চিত্র হইতে বুঝা যাইবে।



যে কয়েল দুই পোলের ঠিক মাঝে থাকে, তাহার দুই প্রান্তের কম্যুটেটাব-সেগমেন্টের মধ্যে ভোল্টেজ থাকে না
২০১নং চিত্র



যে-সকল যেসিনে “ইন্টারপোল” নাই, তাহাতে লোড পড়িলে জেনারেটরের ক্ষেত্রে ব্রাশকে “নিউট্র্যাল অ্যাক্সিস” হইতে আবর্তনের অভিমুখে (উপরের ছবি) আর মোটরের ক্ষেত্রে আবর্তনের বিপরীতে (নীচের ছবি) সরাইয়া দিতে হয়, নহিলে কম্যুটেটোরে আশুন দিতে পারে

২০২নং চিত্র

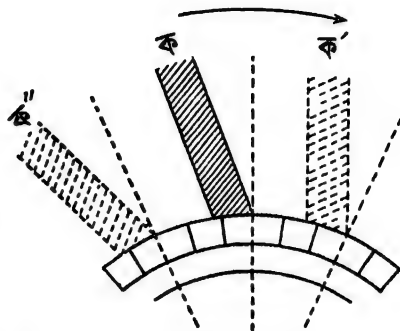
প্রথমে তাহা গণনা করিতে হয়, এবং যতগুলি ব্রাশ আছে সেগুলি কম্যুটেটোর উপরে

দেওয়া হইয়াছে। ইহাতে আর্মেচার-কয়েল যে জায়গায় দেখানো হইয়াছে, তাহাকে “নিউট্র্যাল অ্যাক্সিস” (neutral axis ; উৎসর্গীন অক্ষ) বলে। আর ব্রাশ দুইটি যে জায়গায় আছে, তাহাই উহাদের ঠিক জায়গা। দুই পোল-ওয়াল যেসিনের নিয়ম এই যে, দুইটি পোলের ঠিক সম্মুখে ও মাঝখানে ব্রাশ থাকিবে। যদি না থাকে, তবেই কম্যুটেটোরে আশুন দিবে। কিন্তু কার্যতঃ আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার জন্য তাহার একটু এদিক-ওদিক হইয়া থাকে। যেদিকে মেলিন যোরে, জেনারেটরের ক্ষেত্রে ব্রাশকে সেইদিকে আরও একটু সরাইয়া দিতে হয়, আর মোটরের ক্ষেত্রে ব্রাশকে তাহার উল্টাদিকে সরাইয়া দিতে হয় (২০২নং চিত্র)।

ঠিক জায়গায় ব্রাশ বসানো আছে কিনা তাহা আন্দাজে বুঝা যায় না। কম্যুটেটোরে যতগুলি সেগমেন্ট আছে

ঠিক সমান দূরে দূরে বসানো আছে কিনা তাহা দুইটি ব্রাশের বা ব্রাশ-সাইনের মধ্যের কম্যুটেটার সেগ্মেন্ট গণনা করিয়া দেখিতে হয়।

আজকাল যে-সকল “ইন্টার-পোল” ওয়ালো জেনারেটর ও মোটর তৈরী করা হয়, তাহাতে ব্রাশকে রকারের সাহায্যে সরাইবার প্রয়োজন হয় না। উহার ঠিক জায়গা “নিউট্রাল অ্যাক্সিস”-এর উপর। মোটরকে যে-কোন দিকে চালাইতে হইতে পারে বলিয়া উহার ব্রাশ কম্যুটেটারের উপর খাড়াভাবে বসানো থাকে। ইহাকে “রেডিয়াল ব্রাশ (radial brush)” বলে। কিন্তু জেনারেটরকে সাধারণতঃ কোন এক বিশিষ্ট দিকে ঘুরাইবার জন্তই প্রস্তুত করা হয়। তাই উহার ব্রাশ বাঁকা (inclined) ভাবে বসানো থাকে। ২০৩ নং চিত্রে বাঁকাভাবে বসানো তিনটি ব্রাশের অবস্থান দেখানো হইয়াছে। কম্যুটেটার বেদিকে ঘোরে, ব্রাশ তাহার বিপরীত দিকে হেলান অবস্থায় আছে। ইহাতে ব্রাশের যে মুখটা স্ফুটন, কম্যুটেটার দেই মুখ দিয়া ব্রাশ হইতে বাহির হইয়া যায়। ব্রাশের এই মুখকে “ট্রেলিং টিপ” (trailing tip) বলে। কম্যুটেটারের কেন্দ্রে হইতে ব্রাশের অক্ষ (axis) পর্যন্ত একটি ব্যাসার্ধ টানিলে ঐ ব্যাসার্ধ ও ব্রাশের অক্ষ-রেখা পরস্পরের মধ্যে যে কোণ উৎপন্ন করিবে, তাহা যেন ৫ হইতে ১৫ ডিগ্রীর মধ্যে থাকে।



মনে কর, ব্রাশ কম্যুটেটারের উপর ঠিক জায়গায় আছে এবং কোন আশঙ্কন দেখা দিতেছে না [২০৩নং চিত্রের (‘ক’)]। এখন যদি ব্রাশকে মেনিন বেদিকে ঘোরে সেইদিকে কিছু আগাইয়া কিংবা কিছু পিছাইয়া দেওয়া হয় [যেমন (‘ক’) অথবা (‘ক’)] তাহা হইলে দুইয়েতেই কম্যুটেটারে আশঙ্কন দিতে থাকিবে। নিউট্রাল অ্যাক্সিস হইতে সম্মুখ কিংবা পিছনে ব্রাশ

যত সরানো যাইবে, আশঙ্কন দেওয়া ততই বৃদ্ধি পাইবে। ব্রাশ ভুল জায়গায় বসানো হইলে মোটর একেবারে চলে না এবং ফিউজ-তার পুড়িয়া যায়। মেনিন জেনারেটর হইলে উহাতে ভোল্টেজ দেখায় না। এই দোষটি প্রায়ই ষটিয়া থাকে। যদি ব্রাশগুলি সমান বখরাই বাধা থাকে, তবে রকারের হাতল ধরিয়া

যদি দুই পোল-ওয়ালো মেনিনের কৌণ্ড-পোল শয়ান-ভাবে (horizontally) অবস্থিত থাকে, তবে ক-চিহ্নিত ব্রাশ যে ফুটকী ফুটকী রেখা ছুঁইয়া আছে তাহাই “নিউট্রাল অ্যাক্সিস”; উহা দুই পোলের মাঝখানে অবস্থিত। যদি মেনিন জেনারেটর হয়, তবে চলন্ত অবস্থায় ব্রাশকে ক’-নির্দিষ্ট দানে আর মেনিন মোটর হইলে ক’-দানে সরাইয়া দিতে হয়। উভয় ক্ষেত্রেই মেনিনের আবর্তনের অতিমুখ বক্রপাথৰ্তে (clock-wise)।

২০৩নং চিত্র

এদিক-ওদিক ঘুরাইয়া যে জায়গায় কম্যুটেটারে সর্বাণেকা কম আগুন দেয় বা একেবারেই দেয় না সেই জায়গায় আঁটিয়া দিতে হয়।

৩ষ্ঠ কার্য। আর্বেচারের লুপ (loop) বা তার ছেঁড়া।

লক্ষণ। আর্বেচারের লুপ বা তার ছেঁড়া থাকিলে কম্যুটেটারে বড় বেশী আগুন দেয়। যে সেগ্মেন্টের সহিত ঐ ছেঁড়া তার বা ছেঁড়া কয়েলের লুপ সংযুক্ত থাকিবার কথা, সেই সেগ্মেন্ট ও তাহার পাশের সেগ্মেন্টের মধ্যে অস্ত্রের ইনসুলেশনে একটা পোড়া কাল দাগ পড়ে; আগুন অধিক হইলে পুড়িয়াও যায়। বড় বেশী সর্ট-সারকিট হইলেও এই অবস্থা হয়। যদি আর্বেচারের লুপ ছেঁড়া থাকে, তবে অনেক সময় তাহা চোখে দেখা যায়। যদি দেখা না যায়, তবে ধেরূপে সর্ট-সারকিটের পরীক্ষা করিতে হয়, সেইরূপে ইহাও বাহির করা যায়। এরূপ হলে কম্যুটেটার হইতে আর্বেচারের লুপগুলি খুলিয়া লইয়া প্রত্যেক কয়েলের দুইটি প্রান্ত চিহ্নিত করিয়া রাখিতে হয়। পরে সেই দুইটি প্রান্তের সহিত বাতি বা ষণ্টার তার ঠেকাইলে উহা জলিবে বা বাজিতে থাকিবে। কিন্তু যে তারে কাঁটা আছে, তাহাতে কিছুই হইবে না। কয়েলের ভিতরকার তার সাধারণতঃ কম ছিঁড়ে। যেখানে আর্বেচার-কয়েলের লুপ কম্যুটেটারের সহিত জোড়া থাকে, অধিকাংশ সময়ে সেইখানেই দোষ হয়। রাং-বাল খুলিয়া গেলে তাহা সহজেই নজরে পড়ে। তখন উহাকে আবার ঝালিয়া দিলেই দোষ দূর হয়।

প্রতিকার। কয়েলের ভিতরের তার ছিঁড়িয়া গেলে সমস্ত কয়েলগুলি খুলিয়া ফেলিয়া আবার নতুন করিয়া জড়ানো ভিন্ন অন্য উপায় নাই। এইরূপ কাজ সময় সাপেক্ষ। কিন্তু যদি কাজের বড় বেশী তাড়া থাকে, তবে তখনকার মত মেরিনকে এই উপায়ে চলাইয়া দিতে পারা যায় :—যে কয়েলে কাটা বাহির হইয়াছে, তাহার সহিত কম্যুটেটারের যে সেগ্মেন্ট জোড়া আছে সেই সেগ্মেন্ট একটু তার দিয়া পাশের সেগ্মেন্টের সহিত সর্ট-সারকিট করিয়া দিতে হয় (২০৪নং চিত্র)। তার দিয়া সর্ট-সারকিট না করিয়া ঐ দুই সেগ্মেন্টের মধ্যে যে অস্ত্রের ইনসুলেশন আছে, তাহার জায়গায় একটি তাহার সৰূপাত হাড়ুড়ী দিয়া সমান করিয়া ঢুকাইয়া দিলেও কাজ চলে। পরে যখন আর্বেচার-কয়েল ভাল করিয়া জড়ানো হয়, তখন তাহার পাত তুলিয়া লইয়া ঐ জায়গায় একটি কাঠ মারিয়া দেওয়া বাইতে পারে।



২০৪নং চিত্র

উপরে যে উপায় দুইটি বলা হইল, উহাদের প্রথমটিই সচরাচর ব্যবহার করা হয়। বিশেষ আবশ্যক বিবেচনা না করিলে-দ্বিতীয় উপায়টি অবলম্বন করা হয় না। কেন না, উহাতে কম্যুটেটার খারাপ হইয়া বাওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

৭ম কান্ড। ফীল্ড-ম্যাগনেটের জোর কম, অথবা সবগুলি চুম্বকের জোর সমান নহে।

জড়কণ। কোন একটি ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ (connection) উল্টা হইয়া গেলে, কিংবা উহাতে সর্ট-সারকিট, “আর্থ” অথবা তার ছেঁড়া থাকিলে ফীল্ডের জোর সমান থাকে না বা কমিয়া যায়। যদি মেনিনের ফীল্ড-কয়েল খুলিয়া লইয়া কোন প্রকারে মেরামত করিবার পরে আবার তাহাকে জুগানো হইয়া থাকে, তবে ভুলক্রমে কয়েল উল্টা করিয়া লাগানো হইতে পারে, আর তাহাতে উহাদের জোর কম-বেশী হয়। এইরূপ অবস্থায় জেনারেটরে বড় বেশী আগুন দেয়, ভোল্টেজ ওঠে না এবং মেনিনে একরূপ “ক্যা” করিয়া বড় জোরে আওয়াজ হয়। ইহার উপর যদি আগুন দেওয়া কম করিবার জন্য ব্রাশ-রকার একটু এদিক-ওদিক করা যায়, তবে সঙ্গে সঙ্গে ঐ শব্দেরও কম-বেশী হইতে থাকে। কম্যুটেটার হইতে ব্রাশগুলি তুলিয়া লইয়া ফীল্ড-কয়েলের ভিতর দিয়া কারেন্ট পাঠাইয়া কোন ঝুলানো চুম্বক অথবা কম্পাস পোল-কোরের নিকট ধরিলে বুঝা যায় কোন কয়েলটি উল্টা করিয়া লাগানো হইয়াছে; কারণ সেই পোলের চুম্বকত্বের জোর অল্পগুলি অপেক্ষা কম হয়। মেনিনে কেবলমাত্র দুইটি পোল থাকিলে এই পরীক্ষার দ্বারা কয়েলের জোরের কম-বেশী বেশ স্পষ্ট বুঝিতে পারা যায়। কিন্তু মেনিন ছোট হইলে এবং উহাতে চারিটি পোল থাকিলে ইহার দ্বারা চুম্বকের জোর ততটা স্পষ্ট বুঝিতে পারা যায় না। কারণ, এরূপ স্থলে উহার অল্প দুইটি পোলের চুম্বকত্ব নিকটবর্তী থাকার জন্য একটির প্রভাব অন্যটির উপর পড়ে। দুই পোলের মেনিনে একটি উত্তর মেরু ও অন্যটি দক্ষিণ মেরু। কিন্তু বহুপোল বিশিষ্ট (multi-polar) মেনিনে বহুগুলি উত্তর মেরু, ততগুলি দক্ষিণ মেরু থাকে, এবং তাহার। একটি উত্তর, একটি দক্ষিণ, তাহার পরে আবার উত্তর ও তাহার পরে আবার দক্ষিণ,—এইরূপ পর্যায়ক্রমে উত্তর, দক্ষিণ, উত্তর, দক্ষিণ হইয়া থাকে।

এখন, ইহাদের মধ্যে যদি একটি পোল উল্টা হইয়া যায়, তবে বহুগুলি উত্তর মেরু, ততগুলি দক্ষিণ মেরু থাকে না; সেইজন্যই মেনিনে দোষ জন্মায়। সার্ট মোটরে এই দোষ জন্মিলে সাধারণতঃ উহা বত জোরে ঘোর। উচিত তাহা অপেক্ষা অধিক জোরে ঘোরে। ফীল্ডের চুম্বকত্ব যখন একেবারে না থাকে, তখন মোটর চলে না, জেনারেটরে ভোল্টেজ দেখায় না। আর্মচারের সংযোগ ফীল্ডের সংযোগের আগে থাকিলেও সার্ট মোটর চলিতে আরম্ভ করিবার সময় আগুন দিয়া থাকে।

কোন ফীল্ড-কয়েলে সর্ট-সারকিট থাকিলে সেইটির জোর অল্পগুলি অপেক্ষা কম হয়। আর্মচার-কয়েলে সর্ট-সারকিট হইলে যেমন সেই কয়েল অপরগুলি অপেক্ষা বেশী গরম হয়, ফীল্ড-কয়েলে সর্ট-সারকিট থাকিলে কিন্তু তাহার ঠিক বিপরীত লক্ষণ দেখা যায়; অর্থাৎ যে কয়েলে সর্ট-সারকিট থাকে, সেই কয়েলটি অল্প কয়েলগুলি অপেক্ষা ঠাণ্ডা থাকে। যদি ফীল্ডে একটিন্নাত্র “আর্থ” থাকে আর মেনিনের বহিরাবরণ

“আর্থ” করা না থাকে, তবে তাহাতে কোন দোষ প্রকাশ পায় না । কিন্তু যদি ফীল্ড-সারকিটে পূর্ব হইতেই এক আয়গার “আর্থ” থাকে, অথবা মেশিনের লোহার অংশ সকল (যথা, শাক্ট, আবরণ ইত্যাদি) “আর্থ” করা থাকে, তবে একটি মাত্র “আর্থ”ই এই দোষ ঘটিবে ।

সার্ভ মেশিনের ফীল্ড-কয়েলের তার ছেঁড়া আছে কি না তাহা এই উপায়ে জানিতে পারা যায় :—

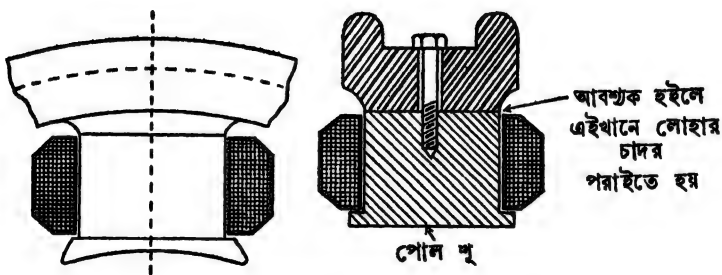
প্রথমে যখন মেশিন দাঁড়াইয়া থাকে, তখন ব্রাশগুলি খুলিয়া লইয়া বা উহাদের তলায় কাঠ দিয়া কম্বুটেটার হইতে তফাৎ করিয়া রাখিতে হয় । পরে মেশিনের কোন টার্মিটালের মুহুরী (nut) খুলিয়া লইয়া রেকলেটার হইতে যে তার মেশিনের ফীল্ডে আসিয়াছে, তাহার যে-কোন একটিকে কেবলমাত্র টার্মিটালের সহিত ঠেকাইয়া রাখিতে হয় । এখন, ফীল্ড-কয়েলে কারেন্ট দিয়া টার্মিটাল হইতে তার সরাইয়া লইবার সময় যদি তারের মুখে আগুন (spark) দেখা না দেয়, তবে বুঝিতে হইবে কোন ফীল্ড-কয়েলের তার ছেঁড়া আছে । এইভাবে পরীক্ষা করিবার সময় কারেন্ট হইতে বাহাতে “শক্” (shock) না লাগে, সেই বিষয়ে পূর্ব হইতে সাবধান হওয়া উচিত । ফীল্ড-ম্যাগনেটের কাছে এক টুকরা লোহা ধরিলে উহার জোর ঠিক আছে কিনা তাহা বুঝিতে পারা যায় । যদি ঐ লোহাকে চুম্বক খুব জোরে টানে এবং উহা তাহার গায়ে এমন ভাবে আঁটিয়া যায় যে টানিয়া ছাড়াইতে কষ্ট হয়, তবে বুঝিতে হইবে ম্যাগনেটের জোর ঠিক আছে । সবগুলির বা কোন একটির জোর কম থাকিলে বুঝিতে হইবে উহাতে দোষ আছে ।

যে মেশিনে দুইয়ের অধিক পোল আছে (যথা, চারিটি, আটটি, বোলটি,— ইত্যাদি), সেই মেশিনে একটি নর্থপোল, একটি সাউথপোল, তাহার পর আবার একটি নর্থপোল,—এই রকম করিয়া পোলগুলি বসানো থাকে । মেশিনে প্রত্যেক পোলের জোরই ঠিক সমান হওয়া দরকার । যদি তাহা না হয়, তবে বেশী জোরাল চুম্বকের সম্মুখের আর্মেচার-কয়েলে বেশী ভোল্টেজ উৎপন্ন হয় এবং সেই বেশী ভোল্টেজ-মুক্ত কয়েলের ভিতর দিয়া কারেন্ট উল্টা দিকে প্রবাহিত হইয়া কম্বুটেটারে আগুনের সৃষ্টি করে । ফীল্ড-ম্যাগনেটের জোরের ইতর বিশেষ খুব কম থাকিলেও এই ব্যাপার ঘটিতে পারে এবং তাহা ঘটিয়াও থাকে । এমন কি, এক সেট চুম্বক হইতে অল্প সেটের জোর যদি শতকরা দুই-এক ভাগ কম-বেশী হয়, তবে তাহাতেই আর্মেচারের ভিতর দিয়া পুরা কারেন্ট বাইতে পারে । এই সময় জেনারেটারের সুইচ মারা না থাকিলেও আর্মেচার দিয়া কারেন্ট যায় ও কম্বুটেটারে আগুন দেয় । অনেক সময় নতুন মেশিনেও এই দোষ দেখিতে পাওয়া যায় । ঠিক এই দোষটি মেশিনে হইয়াছে কি না তাহা জানিবার জন্য প্রথমে উহার ব্রাশগুলি খুলিয়া লইতে কিংবা ব্রাশগুলিকে উঠু করিয়া তুলিয়া রাখিতে হয় । পরে ব্রাশের আয়গার দুইটি তার চলন্ত মেশিনের কম্বুটেটারের উপর ঠেকাইয়া ধরিতে হয় । এই তারের সহিত ভোল্টমিটারের সংযোগ থাকে ।

এইরূপ করিলে প্রত্যেক সেট ব্রাশের মধ্যে উৎপন্ন ভোল্টেজের তারতম্য আছে কিনা তাহা জানা যায়।

প্রতিকার। যে কয়েকটি উণ্টা করিয়া লাগানো হইয়াছে, তাহাকে ঘুরাইয়া বলাইতে বা তাহার সংযোগ ঘুরাইয়া দিতে হয়।

সার্ট মোটরে ফীল্ডের সংযোগ আর্মেচারের ঋণযোগের আগে হওয়া উচিত। যদি এইরূপ না থাকে, তবে তাহা করিয়া দিতে হইবে। ফীল্ড-কয়েলে সার্ট-সার্কিট, “আর্থ” বা কয়েলের তার কাটা থাকিলে যদি ভাঙ্গা ভাঙ্গা কোন উপায়ে সে দোষ না যায়, তবে পুনরায় নতুন তার দিয়া ফীল্ড-কয়েল জড়াইয়া লওয়াই উহার একমাত্র প্রতিকার। আর্মেচার সকল সময়েই সমস্ত ফীল্ড-পোল হইতে সমান দূরে থাকা উচিত। অনেক সময় বেয়ারিং ক্ষয় হইয়া গিয়া উহা একপেশে হইয়া যায় (out of centre); তখন সব কয়েলে সমান ভোল্টেজ উৎপন্ন হয় না। আন্তে আন্তে কাঠের প্যানা (wedge) মারিয়া কিংবা “ফীলার গেজ” (feeler gauge) দিয়া প্রত্যেক ফীল্ড-পোল ও আর্মেচারের মধ্যে ঠিক সমান ফাঁক আছে কিনা তাহা দেখিতে হইবে। অনন্তর যদি বেয়ারিংয়ের দোষে ইহা হইয়া থাকে, তবে বৃশ (bush) মেরামত করিলে বা বদলাইয়া দিলে দোষটি বাইবে। নতুন মেশিনেও অনেক সময় এই দোষ থাকে। এইরূপ হলে উহার ফীল্ড-পোলগুলির উচ্চতা একটু কম-বেশী করিয়া দিলেই দোষ



এক জাতীয় ফীল্ড-ম্যাগনেটের গঠনের চিত্র

২০৫নং চিত্র

লাগিয়া যায়। আজকাল প্রায় সব মেশিনের ফীল্ড-পোলকেই কাঠামো হইতে খুলিয়া লইয়া উহার ভিতরে লোহার চাদর পরাইয়া দিতে বা উহা হইতে লোহার চাদর খুলিয়া লইতে পারা যায় (২০৫ নং চিত্র লক্ষ্য কর)। ছই পোল-ওয়াল মেশিনে এই দোষ হয় না। যদি এমন কোন মেশিনে এই দোষ দেখিতে পাওয়া যায় যেখানে ফীল্ড-পোল উচু-নীচ করিবার উপায় নাই, তবে সেখানে ফীল্ড-কয়েলে বত পাক তার জড়ানো আছে তাহা কম-বেশী করিয়া আর্মেচারে ঠিক ভোল্টেজ উৎপন্ন করাই একমাত্র উপায়।

৮ম কার্গ। মেলিন কাঁপে।

লক্ষণ। মেলিনের গায়ে হাত বা কাঠি ঠেকাইলে উহা যে বড় বেশী কাঁপিতেছে তাহা বুঝিতে পারা যায়। এই দোষেও কম্বুটেটারে আগুন দেয়। মেলিনের যে অংশ ঘোরে, তাহার সকল দিকের ভার সমান না হইলে সাধারণতঃ মেলিনে এই ধরনের দোষ ঘটিয়া থাকে।

দৃষ্টান্তস্বরূপ একখানি ঢালাই করা লোহার পুলির (pulley, চাকা) কথা ধরা যাইতে পারে। পুলির উপরটা গোল, উহার চারিটি ডাঙা (arms) ও একটি ঘুরো (hub or boss) আছে। এইরূপ একখানি পুলিতে সব জায়গায় লোহা সমানভাবে চারাইয়া থাকে বলিয়া উহার ওজনের সামঞ্জস্য বা ভার-সাম্য (balance) প্রায় ঠিকই আছে বলিয়া ধরিয়া লওয়া যায়। কিন্তু যদি জেনারেটর বা মোটরে এই পুলি ব্যবহার করিতে হয়, তবে কেবলমাত্র সামঞ্জস্য আছে ধরিয়া লইলেই চলিবে না। এখানে পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইবে ওজনের ঠিক সামঞ্জস্য আছে কিনা। এই পরীক্ষা নিম্নলিখিত উপায়ে করা যায় :—

দুইটি স্চাল মাথা-ওয়ালা লম্বা অ্যাঙ্গল্ আয়রণ (angle iron) এক চৌরস্ (level) জায়গায় কিংবা একখানি “সার্ফেস প্লেটের” (surface plate) উপর কিছু দূরে দূরে পাতিতে হইবে। অনন্তর পুলিটি শাফ্টের উপর পরাইয়া ঐ অ্যাঙ্গল্ আয়রণের উপর রাখিয়া আস্তে আস্তে গড়াইয়া দিতে হইবে। যদি পুলির ব্যাল্যান্স ঠিক না থাকে, তবে যেদিকে উহার মাল বেশী সেইদিকই গড়াইয়া বারবার নীচের দিকে দাঁড়াইতে থাকিবে। এই উপায়ে যে-কোন ঘুরন্ত অংশের (revolving part) ভার-সাম্য পরীক্ষা করিতে পারা যায়! মেলিনের যে যে অংশ ঘোরে, তাহাদের প্রত্যেকটির ভার-সাম্য পৃথক পৃথক ভাবে ঠিক করিয়া লইতে হয়। ব্যাল্যান্স ঠিক না থাকিলে যেদিকে মাল কম থাকে, হয় সেইদিকে লীসা (lead), লোহা বা অন্য কোন ধাতু শক্ত করিয়া আঁটিয়া দিতে হয়, আর না হয় যেদিকে মাল বেশী থাকে, সেই দিক হইতে কিছু মাল কুরিয়া বাহির করিয়া দুই দিকের ভার সমান করিয়া দিতে হয়। এইরূপ না করিলে মেলিন জ্বরে চলিবার সময় উহা কাঁপিতে থাকে আর কম্বুটেটার হইতে আগুন দেয়। ২০৬নং চিত্রে আর্মেচারের ভার-সাম্যতা পরীক্ষা করিবার উপায় দেখানো হইয়াছে।

বেয়ারিং বা ফাউন্ডেশন-বোল্ট (Foundation bolts) ঢিলা অথবা বেল্টিংয়ের (belting) জোড় (joint) ভাল না থাকিলে কিংবা ঘন ঘন জোড় থাকিলেও এই দোষ হইতে পারে। যদি জেনারেটর আর ইঞ্জিন একই শাক্টে

চলে (direct-driven), তবে ইঞ্জিনের

অংশ ঢিলা থাকিলেও তাহার জন্য জেনারেটর কাঁপিতে থাকে।



আর্মেচারের ভার-সাম্যতা পরীক্ষা

২০৬নং চিত্র

প্রতিকার। মেনিনের কোন অংশ কাঁপিতেছে, প্রথমে তাহা বাহির করিতে হইবে। পরে যদি কোন অংশ টিলা থাকার জন্য ঐ দোষ হইয়া থাকে, তবে সেই অংশের দোষ দূর করিতে হইবে। তার-সাম্যতার অভাবে এরূপ হইতেছে সন্দেহ হইলে যে-সকল অংশ বোরে, তাহাদেব ওজনের সামঞ্জস্য ঠিক আছে কিনা তাহা পৃথক পৃথক ভাবে পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইবে। বেন্টিংয়ের ছোড় ভাল না থাকিলে কিংবা ছেঁড়া বেন্টিং অনেক জায়গায় ছোড়া দেওয়া থাকিলে উহা বদলাইয়া দেওয়া প্রয়োজন। চলিতে চলিতে ফাউণ্ডেশন-বোর্ড টিলা হইয়া গিয়া থাকিলে উহা বেষ করিয়া আঁটিয়া দিতে হইবে।

৯ম কারণ। তামার না হইয়া ব্রোঞ্জ (bronze) কিংবা পিতলের কম্যুটেটার।

লক্ষণ। বিশেষ কোন কারণ নাই, তথাপি আগুন দেয়।

প্রতিকার। এই দোষ সাধারণতঃ কম দামের পাখাতেই থাকে, বড় মেনিনে এই দোষ বড় একটা দেখা যায় না। কার্বন ব্রাশ তামার কম্যুটেটারের সঙ্গেই চলে ভাল। যদি কম্যুটেটাব তামার না হইয়া অল্প ধাতুর হয়, তবে তাহাতে প্রায়ই আগুন দেয়। এমনকি তামার কম্যুটেটারেও অনেক সময় অনেক কার্বন ব্রাশ ভাল চলে না। ব্রাশ বদলাইবার পরে অনেক সময় কম্যুটেটারে আগুন দিতে থাকে। পিতলের কম্যুটেটারের সঙ্গে কার্বন ব্রাশ থাকার জন্য যে আগুন দেয়, তাহার একমাত্র প্রতিকার কম্যুটেটার বদলাইয়া ফেলা, নতুবা কিছু না কিছু আগুন প্রায়ই দেখা দিবে।

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

মেশিন গরম হওয়া

যখন মেশিন চলিতে থাকে, তখন তড়িৎ-প্রবাহের দরুন উহার আর্মেচার, ফীল্ড-কয়েল, কমুটেটার প্রভৃতি অল্পবিস্তর গরম হয়। মেশিন কিছুক্ষণ চলিলে এই সকল অংশ কিছু না কিছু গরম হইবেই। বেশী গরম হইলে মেশিনের অনিষ্ট হয়,—এমনকি উহা পুড়িয়া যাইতে পর্যন্ত পারে। সেইজন্য যাহাতে কোন অংশ অতিরিক্ত গরম না হয়, তাহার উপায় করিতে হয়। এই উদ্দেশ্যে মেশিনের উত্তাপ-বৃদ্ধি পরীক্ষা করা একান্ত আবশ্যক। মেশিন মেরামতের পর উহাকে সমস্ত দিন পুরা লোডসহ ক্রমাগত চালানো হয় ; পরে উহার কোন অংশ অতিরিক্ত গরম হইয়াছে কিনা তাহা দেখিতে হয়। আর্মেচার কিংবা ফীল্ড-কয়েল যত কারেন্ট সহ করিতে পারে, মেশিন তাহা অপেক্ষা বেশী কারেন্ট লইলে বা দিলে এইগুলি বেশী গরম হইয়া ওঠে। তখন ইহাদের উপরে যে পালিশ বা রং লাগনো থাকে তাহা গলিতে আরম্ভ করে আর পোড়া-গন্ধ বাহির হয়। আর্মেচার কিংবা ফীল্ড-কয়েল যে বড় বেশী গরম হইয়া উঠিয়াছে, ইহা তাহারই চিহ্ন। চলিবার সময় মেশিনকে কখনই এত বেশী গরম হইতে দেওয়া উচিত নহে। অল্প কোন জায়গায় দোষ না থাকিলে এবং কারেন্টের পরিমাণ বেশী না হওয়া সত্ত্বেও যদি আর্মেচার প্রভৃতি গরম হয়, তবে বুঝিতে হইবে আর্মেচার বা ফীল্ড-কয়েল সৰু তার দিয়া জড়ানো হইয়াছে ; তাই মেশিন চলিতে চলিতে এত গরম হইয়া উঠিয়াছে। তখন উহাদের কয়েল আবার নূতন করিয়া জড়াইয়া লওয়া ভিন্ন আর কোন উপায় নাই। এই দোষ সাধারণতঃ আর্মেচার আঃ ফীল্ড কয়েল মেরামতের পরই দেখা দেয়। অনেক সময় আর্মেচার-কয়েল ঠিক থাকে, কিন্তু কয়েলের লুপ কমুটেটারের সহিত ভাল করিয়া ঝালা না থাকায় ভাল সংস্পর্শ (contact) হয় না। সেইজন্য কয়েল গরম হয়, আর গালা প্রভৃতির পোড়া গন্ধ বাহির হইতে থাকে। এমন জায়গায় কমুটেটারও খুব গরম হইয়া ওঠে। তখন যে যে লুপ আলগা হইয়া গিয়াছে, তাহাদের আবার ভাল করিয়া ঝালিয়া দিলেই এই দোষ সারিয়া যায়। কমুটেটার বড় বেশী গরম হইলে উহার রং বদলাইয়া যায়। তামার রং যেমন লাল, তখন উহা আর তেমন থাকে না ; লালের সঙ্গে একটু নীল বা বেগুনে আভা দেখা দেয়। যে কারণেই হউক, বেশী আগুন দিলেই কমুটেটার গরম হয়। অনেকবার টার্প করিবার পরে সেগমেন্টগুলি পাতলা হইয়া যাওয়াতেও কমুটেটার গরম হইতে পারে। ইহার একমাত্র প্রতিকার কমুটেটার বদলাইয়া ফেলা। নূতন বৃশ লাগানোর পরে কিংবা তেল না থাকিলে বেয়ারিং প্রায়ই গরম হইতে থাকে। এই অবস্থায় মেশিন বন্ধ রাখিয়া হাতে করিয়া ঘুরাইলে আর্মেচার ঘুরাইতে জোর লাগে। বেশী গরম হইলে বেয়ারিং জড়াইয়াও যায়। যখন বেয়ারিং বড় বেশী গরম হইয়া ওঠে, তখন যদি তাড়াতাড়ি মেশিন বন্ধ করিয়া রাখা হয়, তবে আর্মেচার-শাফ্ট বেয়ারিংয়ে জড়াইয়া যাইবার বড়

বেশী আশঙ্কা থাকে। এইরূপ ক্ষেত্রে বন্ধ করিবার পরে মেনিন ঠাণ্ডা না হওয়া পর্যন্ত উহার বেয়ারিংয়ে বেশী করিয়া ঘন ঘন তেল ঢালিতে হয়, আর আর্মেচারকে হাতে করিয়া অনবরত আস্তে আস্তে ঘুরাইতে হয়। ইহাতে আর্মেচার-শাফট বেয়ারিংয়ে জড়াইয়া বাইতে পারে না। অতিরিক্ত গরম হইলে তেলের সঙ্গে কিছু গ্র্যাফাইট বা ব্ল্যাক্ লেড মিশাইয়া দেওয়া ভাল। তেলের অভাবে এবং হাতের কাছে থাকে বলিয়া অনেক ক্ষেত্রে বেয়ারিংয়ে এই সমস্ত জল ঢালা হইয়া থাকে। কিন্তু জল ঢালিলে লোহার অংশে মরিচা ধরে, তাই এই সব জায়গায় জল না ঢালাই ভাল। তেল বা জল ঢালিয়া বেয়ারিং ঠাণ্ডা করিবার সময় ঐ তেল বা জল যাহাতে মেনিনের আর্মেচার, ফীল্ড-কয়েল ও কমুটেটারে কিছুমাত্র না লাগে, সেই বিষয়ে সাবধান হইতে হইবে। কোন জায়গা বেশী গরম হইয়াছে কিনা হাত দিয়াই সাধারণতঃ তাহা সকলে দেখিয়া থাকে। যদি হাতের উন্টাটিকে গরম অসহ্য না লাগে, তবে বুঝিতে হইবে গরম হইলেও অতিরিক্ত গরম হয় নাই। সর্বাপেক্ষা ভাল নিয়ম এই যে, কোন জায়গায় হাত দিয়া মনে যেন এই সন্দেহ না হয়—“তাই ত, এই জায়গাটা বেশী গরম হইয়াছে কি?”

কোন অংশ বেশী গরম হইয়াছে কিনা তাহা দেখিতে হইলে কমুটেটার, বেয়ারিং এবং ব্রাশের উপরে থার্মোমিটার দিয়া উত্তাপ মাপিতে হয়। কিন্তু আর্মেচার ও ফীল্ড-কয়েলের প্রকৃত উত্তাপ মাপিতে হইলে উহার রেজিস্ট্যান্স পরীক্ষা করিয়া বাহির করা আবশ্যিক। কিভাবে রেজিস্ট্যান্স পরীক্ষা করিয়া মেনিনের উত্তাপ বাহির করা যায়, তাহা প্রথম অধ্যায়ের অন্তিম পরিচ্ছেদে বিশদভাবে আলোচনা করা হইয়াছে।

তৃতীয় পন্নিচ্ছেদ কম্যুটেটার ও ব্রাশ গরম

১ম কারণ। কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া।

লক্ষণ ও প্রতিকার। যে যে কারণে কম্যুটেটারে আগুন দেয় ও তাহার যে যে প্রতিকার এই অধ্যায়ের প্রথম পন্নিচ্ছেদে বলা হইয়াছে, সেই সমস্ত একে একে দেখিয়া তাহার প্রতিবিধান করিলে কম্যুটেটার ও ব্রাশের অতিরিক্ত গরম হওয়া দূর হইবে।

২য় কারণ। কম্যুটেটারে খুব ছোট ছোট আগুন দেয় বা অনেক সময় আগুন একেবারেই দেয় না, অথচ কম্যুটেটার গরম হয়।

লক্ষণ। যে-সকল কারণে কম্যুটেটারে আগুন দেয়, ইহা তাহারই প্রথম অবস্থা বা পূর্ব-লক্ষণ।

প্রতিকার। “কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া”র প্রতিকার দেখ। অনেক সময় ব্রাশ ঠিক জায়গায় বসানো না থাকায় এইরূপ হইয়া থাকে। ব্রাশ-রকার (brush-rocker) থাকিলে তাহা একটু এদিক-ওদিক সরাইয়া তখন ব্রাশগুলিকে ঠিক জায়গায় বসাইতে হয়।

৩য় কারণ। কম্যুটেটার-সেগ্‌মেন্টগুলির মাঝে মাঝে যে অল্পের ইন্‌সুলেশন্ থাকে, সেই ইন্‌সুলেশন্ ডিলাইয়া এক সেগ্‌মেন্ট হইতে অন্য সেগ্‌মেন্টে আগুন যাওয়া, কিংবা কম্যুটেটারের পাশে যে রিং দিয়া সেগ্‌মেন্টগুলিকে আঁটিয়া রাখা হয় (end-ring), কম্যুটেটার-সেগ্‌মেন্ট হইতে তাঙ্গাতে আগুন যাওয়া।

লক্ষণ। দুই বা ততোধিক সেগ্‌মেন্টের মধ্যে কিংবা কম্যুটেটার-সেগ্‌মেন্ট ও উহার পাশের রিংয়ের মধ্যে পোড়া পোড়া দাগ।

প্রতিকার। সেগ্‌মেন্টগুলির মধ্য হইতে পোড়া পোড়া কুঁচি সকল আঁচড়া দিয়া বা খুঁটিয়া খুঁটিয়া বাহির করিয়া ফেলিয়া দিতে হয়। আবশ্যক হইলে কম্যুটেটারটি একেবারে টুকরা টুকরা করিয়া খুলিয়া যে অল্প খারাপ হইয়া গিয়াছে কিংবা যে-সকল সেগ্‌মেন্ট বড় বেশী জুলিয়া গিয়াছে, সেগুলি বাদ দিয়া নূতন অল্প ও সেগ্‌মেন্ট লাগাইতে হয়। অনেক সময় এইরূপ স্থলে কম্যুটেটার একেবারে বদলাইয়া দেওয়ার প্রয়োজনও দেখা দেয়।

৪র্থ কারণ। কম্যুটেটারের সহিত ব্রাশের, ব্রাশের সহিত ব্রাশ-হোল্ডারের (brush-holder), কিংবা ব্রাশের সহিত তারের সংযোগ ভাল নয়।

লক্ষণ। কম্যুটেটার ও ব্রাশের লাইনে চোখ রাখিয়া দেখিলে ফাঁক দেখিতে পাওয়া যায়; যেদিন চলিতে থাকিলে সামান্য সামান্য আগুন দেয়; ব্রাশের পাড়ান্ ভাল নয়। যে-সকল যেদিনে ব্রাশ হইতে ব্রাশ-হোল্ডার দিয়া লাইনে কারেন্ট যায়, তাহাদের হোল্ডারে ব্রাশ ঢিলা থাকিলে ব্রাশ ও ব্রাশ-হোল্ডার গরম হয়। ব্রাশ বা

ব্রাশ-হোল্ডারের সহিত তার ভাল করিয়া আঁটা না থাকিলেও ব্রাশ-হোল্ডার গরম হইয়া ওঠে।

প্রতিকার। ভাল করিয়া ব্রাশের “পাড়ান্” করিলে এবং সংযোগগুলি ঠিকঠাক করিয়া দিলে এই দোষ দূর হইবে।

৫ম কারণ ও লক্ষণ। কম্যুটেটার চট্টেটে; উহার উপরে একটা কাল পর্দা পড়িয়া থাকে; কম্যুটেটারের উপর যে জায়গায় ব্রাশ ঠেকে না, সেখানকার রং পোড়া পোড়া, তামাটে ও বেগুনে আভাযুক্ত। ব্রাশের কার্বন বড গরম।

প্রতিকার। কম্যুটেটার কাল হইলে শাদা শিল্পীষ কাগজ দিয়া উহা পরিষ্কার করিতে হয়। কম্যুটেটার বড বেশী গরম হওয়ায় ব্রাশের কার্বন গলিয়া গিয়া উহার উপরে লাগিয়া যায়। ইহাতে ব্রাশের রেজিস্ট্যান্স আরও বাড়ে এবং কম্যুটেটার আরও বেশী গরম হয়। কম্যুটেটার বড বেশী কাল ও চট্টেটে হইলে পেটল দিয়া ভাল করিয়া ধুইয়া পরিষ্কার করিয়া ফেলিতে হয়, আর ব্রাশের পাড়ান্ ভাল না থাকিলে ভাল করিয়া পাড়াইয়া দিতে হয়। ব্রাশ বেশী নরম ধাতের হইলে সেগুলি বদলাইয়া একটু কড়া ধাতের ব্রাশ দিতে হয়। কিন্তু বেশী কড়া ব্রাশ দেওয়া উচিত নহে। তাহাতে কম্যুটেটার কাটিয়া গিয়া উষ্ণত্ব হইয়া যায় ও কম্যুটেটারে আগুন দেয়। কার্বন ব্রাশ মাঝে মাঝে বদলাইয়া দিতে হয়, স্বতরাং সর্বদাই কয়েকটা ব্রাশ বাড়তি রাখা প্রয়োজন। এই ব্রাশ মেনিনের নির্মাতাদের নিকট হইতেই লওয়া উচিত। তাহাতে সকল সময় ঠিক একই রকমের কড়া বা নরম ব্রাশ পাইবার সম্ভাবনা থাকে। দ্বিতীয় উপায়, সরবরাহকারীর নিকট একটি পুরাতন ব্রাশ নমুনাস্বরূপ পাঠাইয়া সেই ধাতের ব্রাশ আনাইয়া রাখা। নতুবা ব্রাশ ফরমাইল দিবার সময় নিম্নলিখিত খুঁটিনাটিগুলি লিখিয়া দিতে হইবে :—

(১) মেনিনের ভোল্টেজ, গতিবেগ ও ক্ষমতা, (২) কম্যুটেটারের ব্যাস ও সেগ্‌মেন্টের সংখ্যা, (৩) মেনিনে কয় সেট ব্রাশ এবং প্রতি সেটে কয়টি কব্বিয়া ব্রাশ আছে, (৪) ব্রাশের মাপ অস্থায়ী একটি নক্সা ও ব্রাশের সহিত যে তাব আঁটা থাকে তাহার অপর প্রান্ত কিভাবে আঁটা যাইবে তাহার নক্সা।

ভাল ভাল মেনিন প্রস্তুতকারকের সাধারণতঃ ভারতীয় স্থানক সংস্থার নির্দেশ অস্থায়ী ব্রাশ ব্যবহার করেন। ইহাতে কোন্ কোন্ মেনিনে কিরূপ কার্বন ব্রাশের ব্যবহার অসম্মোদন করা যাইতে পারে, তাহার সুস্পষ্ট নির্দেশ দেওয়া আছে।

৬ষ্ঠ কারণ ও লক্ষণ। ব্রাশই সর্বাপেক্ষা অধিক গরম। যত বেশী কারেন্ট ব্রাশ দিয়া যায়, যদি ব্রাশ তাহার উপযুক্ত মোটা না হয়, তবে উহা গরম হইয়া থাকে। ঠিক একই ধাতের কার্বন ব্রাশ সব সময়ে পাওয়া যায় না। কখন কখন উহাদের রেজিস্ট্যান্স বেশী হয়। এইরূপ স্থলে ব্রাশ গরম হইতে দেখা যায়। স্রীংয়ের জোয় বেশী হওয়ার দরুন ব্রাশ কম্যুটেটারের উপর অধিক জোরে চাপিয়া বসিলে তাহাতেও কম্যুটেটার আর ব্রাশ গরম হইয়া ওঠে।

প্রতিকার। ব্রাশ পাতলা হইলে অথবা উহার রেজিস্ট্যান্স অধিক হইলে কার্বন দিয়া বাহাতে কারেন্ট অধিক দূর প্রবাহিত না হয়, তাহার ব্যবস্থা করা আবশ্যিক। কার্বন ব্রাশের উপর তামার কলাই করিয়া (copper-plate) লইজে ইহার প্রতিকার হয়। তামার কলাইয়ের পরিবর্তে খুব পাতলা তামা বা টিনের পাত দিয়া ব্রাশকে মুড়িয়া দিলেও কাজ চলে। সকল স্ত্রীংয়ের জোর ঠিক সমান কিংবা অতিরিক্ত কিনা, তাহাও পরীক্ষা করিয়া দেখা দরকার। কোনটির জোর বেশী মনে হইলে তাহা কমাইয়া অল্পগুলির সমান করিয়া দিতে হইবে।

৭ম কারণ। মেশিনের অল্প অংশ হইতে উত্তাপ কম্বুটেটারে চালিত হয়।

লক্ষণ ও প্রতিকার। মেশিনের কোন্ অংশ সর্বাপেক্ষা বেশী গরম তাহা পরীক্ষা করিয়া সেই দোষ দূর করিতে হইবে। যখন মেশিন ঠাণ্ডা থাকে, তখন এই পরীক্ষা আরম্ভ করা উচিত। যে অংশ আগে গরম হয়, দোষ সেইখানেই থাকে।

৮ম কারণ। মেশিন দিয়া যত কারেন্ট যায়, কম্বুটেটার তত কারেন্ট সহ্য করিতে পারে না।

লক্ষণ। বিশেষ কোন লক্ষণ নাই; কম্বুটেটারে আগুন নাই, তথাপি ব্রাশ এবং কম্বুটেটার গরম হয়।

প্রতিকার। পুরাতন মেশিনের কম্বুটেটার বারবার টার্প করার ফলে উহা পাতলা হইয়া গিয়া এই দোষ ঘটিতে পারে। তখন কম্বুটেটার বদলাইয়া ফেলিতে হয়। কম্বুটেটারকে বারবার টার্প করিয়া কত পাতলা করা যাইতে পারে তাহা জানাইবার জন্য উহার কোন একটি সেগ্‌মেন্টের পাশে একটি ছোট বিঁদ কিংবা কম্বুটেটারের পাশে একটি বৃত্ত কাটা থাকে। টার্প করিতে করিতে ততদূর পর্যন্ত আসিলে কম্বুটেটার আর বেশী পাতলা করিতে নাই; করিলে চলিবার সময় উহা গরম হইবে।

চতুর্থ পদক্ষেপ

আর্মেচার ও ফীল্ড-কয়েল গরম

১ম কারণ। আর্মেচার-কয়েলে সর্ট-সারকিট বা “গ্রাউণ্ড”, লাইনে “আর্থ”, মেসিনে ওভার-লোড, অথবা যে মেসিন যত ভোল্টের সারকিটে চালাইবার জন্য তৈরী তাহা অপেক্ষা অধিক ভোল্টেজে চালানো।

লক্ষণ। আর্মেচার-কয়েল দিয়া যত কারেন্ট প্রবাহিত হওয়া উচিত, কারেন্টেব পরিমাণ তাহা অপেক্ষা অধিক।

প্রতিকার। আর্মেচার-কয়েলের সর্ট-সারকিট বা গ্রাউণ্ড, অথবা লাইনের আর্থের প্রতিকারের জন্য “কম্যুটেটারে আগুন দেওয়া”র ৪র্থ কারণ দ্রষ্টব্য। যে কয়েলে সর্ট-সারকিট থাকে, সেই কয়েলই গরম হয়। বাহ্যতে মেসিন অতিরিক্ত লোডসহ না চলে, তাহার জন্য লোড কমাইয়া দেওয়া উচিত। যে মোটর যত ভোল্টেজে চলিবার জন্য তৈরী, কিংবা যে জেনারেটার যত ভোল্টেজ উৎপাদন করিবার পক্ষে উপযুক্ত, তাহা অপেক্ষা অধিক ভোল্টেজ দিলে বা জোরে চালাইলে আর্মেচার-কয়েল দিয়া অধিক কারেন্ট বাইবে, ফলে কয়েলগুলি অতিরিক্ত গরম হইয়া উঠিবে। মোটরকে ঠিক ভোল্টেজে চালানো বা লাইনের ভোল্টেজ কম রাখাই ইহার একমাত্র প্রতিকার। লাইনে ভোল্টেজের যে অপচয় ঘটে তাহা পূরণ করিবার জন্য উৎপাদন কেন্দ্রে মোটরের টার্মিনাল-ভোল্টেজ অপেক্ষা জেনারেটারের ভোল্টেজ কিছু বেশী রাখা হয়। যদি এই অতিরিক্ত ভোল্টেজ জেনারেটারের পক্ষে ক্ষতিকর হয়, তবে তাহা কমাইয়া অল্প কোন বম্পোবস্তু (voltage boosting) করিতে হইবে। তবে প্রায়ই এইরূপ ব্যবহার প্রয়োজন হয় না।

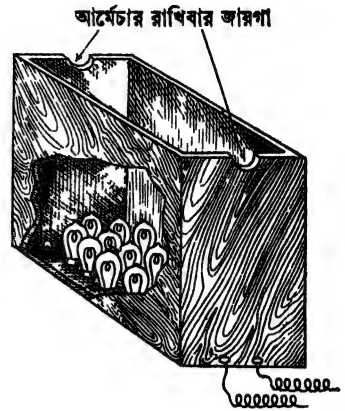
২য় কারণ। আর্মেচার-কয়েল স্যাংসেঁতে।

লক্ষণ। স্যাংসেঁতে জায়গায় মেসিন পড়িয়া থাকিলে, কিংবা যেখানে উহা বসানো আছে সেই জায়গা বেশ খটখটে না হইলে, কিংবা যদি বর্ষার সময় মেসিনকে ঠিক যত্নে রাখা না হয়, তবে উহার কয়েলের ইনসুলেশনে ঠাণ্ডা লাগিয়া স্যাংসেঁতে হইয়া যায়। এইরূপ অবস্থায় আর্মেচারে হাত দিলে স্যাংসেঁতে ভাব টের পাওয়া যায়। অনেক সময় কয়েলের উপর ছাতা ফুটিয়াও গুঠে। তখন মেসিন চালাইতে অধিক ক্ষমতার প্রয়োজন হয়। এমনকি আর্মেচার হইতে জলের ভাপ বা বাষ্প উঠিতে থাকে, আর উহার ইনসুলেশন-রেজিস্ট্যান্স (insulation resistance) যে বড় কম, পরীক্ষা করিলে তাহা ধরা পড়ে।

প্রতিকার। অল্প আগুনের উপর কিংবা কোন গরম জায়গায় আর্মেচারকে ১২ ঘণ্টা হইতে ৩৬ ঘণ্টা পর্যন্ত রাখিয়া ভাল করিয়া গরম করিয়া লইতে হইবে। কিন্তু উহাকে এমন গরম করা উচিত নহে বাহ্যতে উহার উপরের পালিশ বা রং গলিয়া পিন্দা কয়েলের ইনসুলেশন পুড়িয়া যায়। একটি কার্ঠের বাস্কের ভিতর (হোট হোট

আর্মেচারের পক্ষে কেরোসিন-কাঠের বাস্ক হইলেই যথেষ্ট হইবে) কতকগুলি বাতি (Electric lamp) আলিয়া দিয়া আর্মেচারটি তাহার উপর রাখিলে কয়েক ঘণ্টার মধ্যেই উহা বেশ গরম হইয়া উঠিবে এবং উহার কয়েলের স্যাংসেতে ভাব দূর হইয়া যাইবে। (২০৭নং চিত্র লক্ষ্য কর।)

যেখানে আর্মেচার এত বড় যে উহাকে বাহির করিয়া এইভাবে গরম করা সম্ভব নহে, সেখানে উহার ফীল্ডের সংযোগ খুলিয়া দিয়া বাতির সহিত সিরিজে উপযুক্ত কারেন্ট আর্মেচারে দিলে তাহাতে যে তাপ উৎপন্ন হইবে, সেই তাপের সাহায্যেই আর্মেচারের স্যাংসেতে ভাব দূর হইবে। আর্মেচারে কারেন্ট দিবার সময় যেন ঐ কারেন্টের পরিমাণ আর্মেচার দিয়া সচরাচর যত কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাহার শতকরা ৭৫ ভাগ অপেক্ষা বেশী না হয়, কেন না, তখন উহার ইন্সুলেশন-রেজিস্ট্যান্স কম থাকে বলিয়া পূরা কারেন্ট দিলে ইন্সুলেশন নষ্ট হইয়া যাইবার আশঙ্কা থাকে।



আর্মেচার গরম করিবার বাস্ক
২০৭নং চিত্র

সমগ্র মেসিনকে শুকাইবার প্রক্রিয়া

সমগ্র মেসিনকে গরম করিতে হইলে উহার চারিদিকে চট, কব্বল, কাঁথা, ত্রিপল কিংবা অন্য কোন তাপ-অপরিবাহক (heat-insulating) দ্রব্যের বাস্ক দিয়া ঢাকা দিয়া আন্তে আন্তে গরম করিতে হইবে। গরম করিবার উপায় উপরে বর্ণিত উপায়-সমূহের সহিত অভিন্ন। কিন্তু যদি কারেন্ট দিয়া গরম করিতে হয়, তবে সার্কিটের সহিত কম-বেশী করা যায় এইরূপ একটি রেজিস্ট্যান্স সিরিজে যোগ করিয়া তাহার সাহায্যে কারেন্টকে কম বা বেশী করিয়া তাপ উৎপাদনের সমতা এমনভাবে রক্ষা করিতে হইবে যাহাতে মেসিনের উত্তাপ কখনই ৭০ ডিগ্রী-সেলসিয়াসের উপরে না ওঠে। আবশ্যক হইলে মাঝে মাঝে কারেন্ট বন্ধ করিতেও হইতে পারে।

এইরূপে এক নাগাড়ে মেসিন যত গরম হইবে, উহার ইন্সুলেশন-রেজিস্ট্যান্স ততই উত্তরোত্তর বৃদ্ধি পাইবে। ১২ ঘণ্টা অন্তর-অন্তর ইহা মাপা হইতে থাকিবে, আর যখন পর পর ৪ বার ইন্সুলেশন-রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ সমান থাকিবে, তখন মেসিন ভালভাবে শুকাইয়াছে বলিয়া বুঝিতে হইবে।

৩য় কারণ। আর্মেচার-কয়েল উন্টাপান্টা।

লক্ষণ। মোটর চলিবার সময় বেশী কারেন্ট লইতে থাকে, আর জেনারেটরকে চালাইতে ইঞ্জিনের বেশী জোর লাগে—ইঞ্জিন “আন্তে” হইয়া যায়। যখন মোটর অল্প মেনিন চালায়, তখন আর্মেচারের যে অংশে কয়েল উন্টাপান্টা হইয়া আছে, সেই অংশ অল্প অংশ অপেক্ষা বেশী গরম হয়। কিন্তু মেনিন জেনারেটর হইলে ইহাতে কোন একটি বিশেষ কয়েল অল্প কয়েল অপেক্ষা বেশী গরম হয় না। আর্মেচারকে বাহির করিয়া এক-একটি কয়েল পরে পরে কারেন্ট দিয়া কয়েলের উপর কম্পাস (compass) বা ছোট চুম্বক ঝুলাইয়া ধরিলে উহা যে ভাবে আকৃষ্ট হইতে থাকিবে, তাহা হইতেই উন্টা করিয়া লাগানো কয়েলের সন্ধান পাওয়া যাইবে। যে কয়েল উন্টা করিয়া লাগানো হইয়াছে, তাহাতে একপ করিলে চুম্বকের উপর তাহার আচরণ অল্পগুলির বিপরীত হইবে।

প্রতিকার। যে কয়েল উন্টা হইয়া গিয়াছে তাহার, অথবা যতগুলি কয়েল উন্টা হইয়াছে তাহাদের, লুণ ঘুরাইয়া কম্যুটেটারের সহিত সংযুক্ত করিয়া দেওয়া।

৪র্থ কারণ। সবকয়টি চুম্বকের জোর সমান নহে।

দ্রষ্টব্যঃ—যে-সকল মেনিনে দুইটির বেশী পোল থাকে, কেবলমাত্র তাহাদের আর্মেচারই এই দোষে গরম হয়।

প্রতিকার। এই অধ্যায়ের প্রথম পরিচ্ছেদের ৭ম কারণ দেখ।

৫ম কারণ। আর্মেচার-কোরের আবর্ত-প্রবাহ। আর্মেচার ঘুরাইলে যে কারণে জেনারেটর কারেন্ট দেয়, ঠিক সেই কারণে জেনারেটর কিংবা মোটর চলিবার সময় উহাদের আর্মেচারের লোহার কোরে আর একটি আলাদা তড়িৎ-প্রবাহ উৎপন্ন হয়। এই তড়িৎ-প্রবাহ আর্মেচার-কোরের মধ্যেই বহিতে থাকে, আর কোরকে গরম করিয়া তোলে। ইহার নাম “এডি-কারেন্ট” (eddy-current) বা “আবর্ত-প্রবাহ”। এই কারেন্ট ক্ষতিকর, কারণ ইহা কোন কাজে আসে না। সেইজন্য মেনিনে ইহা যত কম উৎপন্ন হয়, ততই মঙ্গল। ইহারই জন্য জেনারেটর চালাইতে বেশী শক্তির প্রয়োজন হয়, আর মোটর কিছু কম জোরে চলে। এডি-কারেন্ট যাহাতে কম জন্মে, সেইজন্য আর্মেচার-কোর (এবং অনেক সময়, ফীল্ড পোল কোরও) আন্ত লোহা দিয়া তৈরী না করিয়া অনেকগুলি পাত্‌লা পাত্‌লা লোহার চাদর কাটিয়া একত্র করিয়া তৈরী করা হয়। এই চাদর সচরাচর ২৪ হইতে ২৬ গেজের (S. W. G.) মধ্যে হইয়া থাকে।

লক্ষণ। মেনিন অল্পক্ষণ চালাইবার পরে আর্মেচার-কোরের (বা ফীল্ড-পোল কোরের) লোহা গরম হইয়া ওঠে, এবং মেনিনকে লোডশূন্য অবস্থায় চালাইতে বেশী শক্তির প্রয়োজন হয়। ইহাতে কম্যুটেটারে আগুন দেয় না।

প্রতিকার। যে-সকল লোহার চাদর একত্র করিয়া আর্মেচার-কোর তৈরী করা হয়, সেইগুলি যাহাতে পরস্পরের গায়ে ঠেকিয়া না থাকে সেইজন্য তৈরী করিবার সময় উহাদিগের গায়ে ইনসুলেটিং রং বা এন্ডামেল মাখাইয়া দেওয়া হয়। অনেক মেনিনে আবার চাদর কাটিবার পূর্বে তাহাদের এক পিঠে কাগজ মারিয়া বা

চীনা মাটি গুলিয়া মাখাইয়া দিয়া পরে চাকৃতিগুলি কাটা হয়। ইহাতে “কোর” তৈরী করিবার সময় একটি চাকৃতির লোহা অল্প একটি চাকৃতির লোহার সঙ্গে ঠেকিতে পায় না—মধ্যে একটি করিয়া ইন্সুলেশনের স্তর থাকিয়া যায়। ফলে এডি-ক্যারেন্ট উৎপন্ন হওয়া অনেক কমিয়া যায়। আর্মেচার-কোর তৈরী করিবার সময় যদি এই বিষয়ে বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করা না হয়, তবে এই দোষ হইয়া থাকে। তবে এই দোষ সাধারণতঃ খুব কমই হয়। ইহা-মেসিন তৈরী করিবার দোষ।

আর্মেচারে এই ধরনের দোষ থাকিলে উহা বদলাইয়া ফেলা কিংবা তার খুলিয়া ফেলিয়া চাকৃতিগুলি আলাদা করিয়া রং মাখাইয়া আবার একত্র করা ভিন্ন অল্প কোন উপায় নাই।

৬ষ্ঠ কারণ। জেনারেটরকে উহার নির্দিষ্ট গতিবেগ অপেক্ষা বেশী জোরে ঘূরানো।

লক্ষণ। প্রতি মিনিটে কোন্ জেনারেটর কত পাক ঘুরিবে, তাহা প্রত্যেক ডাইনামোর গায়ে লেখা থাকে। ট্যাকোমিটার কিংবা স্পীড্-কাউন্টার ও ঘড়ির সাহায্যে গতিবেগ মাপিলে জানা যায় জেনারেটর বেশী জোরে চলিতেছে কিনা।

প্রতিকার। যদি বেল্ট-এর সাহায্যে জেনারেটর ইঞ্জিনের সহিত যুক্ত থাকে, তবে উহার পুলি বড় করিয়া, কিংবা ইঞ্জিনের পাক কম করিয়া, কিংবা লাইন-শাফ্টের পুলি ছোট করিয়া জেনারেটরকে নির্দিষ্ট গতিবেগে পরিচালনা করা যায়।

৭ম কারণ। মেসিনের অল্প অংশ হইতে তাপ আর্মেচারে চালিত হয়।

লক্ষণ ও প্রতিকার। এই অধ্যায়ের তৃতীয় পরিচ্ছেদের ৭ম কারণ দেখ।

পঞ্চম পন্নিচ্ছেদ

ফীল্ড-ম্যাগনেট গরম

১ম কারণ। মেশিনের অন্ত অংশ হইতে তাপ আসিয়া ফীল্ড-কয়েল আর পোল-কোর গরম করে।

লক্ষণ ও প্রতিকার। এই অধ্যায়ের তৃতীয় পরিচ্ছেদের ৭ম কারণ দেখ।

২য় কারণ। ফীল্ড-কয়েলে কারেন্ট বেশী।

লক্ষণ। ফীল্ড-কয়েল এত গরম হয় যে, হাত রাখা যায় না। কোন বিশেষ কয়েল গরম নয়,—সবগুলিই সমান,—কিন্তু ভয়ানক গরম। মেশিনের ভোল্টেজ ঠিক আছে, অথচ মোটর আন্তে চলে [দ্রষ্টব্য :—বেশী কারেন্ট ফীল্ড দিয়া প্রবাহিত হইলে মোটর কম জোরে চলে, আর কারেন্ট কম হইলে মোটর বেশী জোরে চলে]; কিংবা জেনারেটরের গতিবেগ ঠিক আছে, কিন্তু উহা বেশী ভোল্টেজ দেয়। সাণ্ট মেশিনের ফীল্ড-কয়েলে সার্কিট-সার্কিট হইলে উহার রেজিস্ট্যান্স কমিয়া যায় ও কয়েল দিয়া বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হইতে থাকে। যে কয়েলে সার্কিট-সার্কিট হয়, সেই কয়েল অপেক্ষাকৃত ঠাণ্ডা থাকে; কিন্তু উহার জোর অন্তর কয়েল অপেক্ষা কম হয়।

এক-একটি ফীল্ড-কয়েলের রেজিস্ট্যান্স পৃথক পৃথক মাপিলে যদি কোনটির রেজিস্ট্যান্স অন্যান্যগুলি হইতে শতকরা ৫ ভাগ বা তাহা অপেক্ষাও কম হয়, তবে সেই কয়েলেই সার্কিট-সার্কিট আছে বুঝিতে হইবে। ইহাতে কমুটেটারে আগুন দিবে।

প্রতিকার। সবগুলি কয়েলই সমান,—কিন্তু অতিশয় গরম,—হইলে এবং জেনারেটরের ভোল্টেজ বেশী থাকিলে ফীল্ড-সার্কিটের সহিত সিরিজে একটি রেজিস্ট্যান্স যোগ করিয়া উহার কারেন্ট কমাইয়া দিতে হইবে। জেনারেটরের সহিত সাধারণতঃ একটি করিয়া ফীল্ড-রেগুলেটর থাকে। এমন স্থলে ঐ রেগুলেটরের হাতল ঘুরাইয়া ফীল্ড-সার্কিটের রেজিস্ট্যান্স বাড়াইয়া দিতে হইবে; নতুবা কম-বেশী করা যায় এমন একটি রেজিস্ট্যান্স সাণ্ট ফীল্ড-সার্কিটের সহিত সিরিজে যোগ করিয়া দিয়া যতক্ষণ না ভোল্টেজ আর গতিবেগ ঠিক হয়, ততক্ষণ পর্যন্ত রেজিস্ট্যান্স বাড়াইয়া বাড়াইয়া কারেন্ট কমাইতে হইবে। ভোল্টেজ ঠিক আছে অথচ মেশিন আন্তে চলে—এইরূপ অবস্থায় সাণ্ট মোটরের ফীল্ডের কারেন্ট কমাইয়া দিয়া উহার গতিবেগ বৃদ্ধি করা উচিত। জেনারেটরের ভোল্টেজ বেশী হওয়ার দরুন ফীল্ড-কয়েল গরম হইলেও ঐ একই ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। কোন ফীল্ড-কয়েলে সার্কিট-সার্কিট থাকিলে ঐ কয়েল নুতন করিয়া জড়াইয়া লওয়া দরকার।

৩য় কারণ। ফীল্ড-কয়েল স্যাঁতসেঁতে।

লক্ষণ। ফীল্ড-কয়েলে বেশী কারেন্ট যায় ও অপরাপর লক্ষণ “আর্বেচার কয়েল স্যাঁতসেঁতে”র মত।

প্রতিকার। এই অধ্যায়ের চতুর্থ পরিচ্ছেদের ২য় কারণ দেখ।

৪র্থ কারণ। ফীল্ড-পোলার “এডি-কারেন্ট” বা “আবর্ত-প্রবাহ”।

লক্ষণ। এডি-কারেন্টের উৎপত্তি সম্বন্ধে আরম্ভের গরমের ৫ম কারণ দেখ।
মেশিন কিছুক্ষণ চলিলে ফীল্ড-পোলই সর্বাপেক্ষা বেশী গরম হয়। যদি কোন কারণে মেশিনের কারেন্ট সব সময় সমান না থাকে,—অর্থাৎ ঘন ঘন কম-বেশী হইতে থাকে,—[এই অবস্থায় অ্যান্টিটারের কাঁটা ঘন ঘন নড়িতে থাকিবে],—তবে ফীল্ড-পোলে এডি-কারেন্ট উৎপন্ন হইতে পারে। তৈরী করার দোষেও ফীল্ড-পোলে এডি-কারেন্ট উৎপন্ন হয়, কিন্তু তাহা কম।

প্রতিকার। বাহাতে মেশিনে কারেন্ট সমান থাকে, সম্ভব হইলে তাহার উপায় করিতে হইবে। তবে যদি কোন মেশিনে এমন লোহা কিংবা লোহার পাত দিয়া ফীল্ড-কোর তৈরী করা হইয়া থাকে বাহার জন্তই এইরূপ দোষ হইতেছে, তবে তাহার প্রতিকার নাই। কিন্তু ইহাই যে প্রকৃত দোষ তাহা দূর করিবার পূর্বে মেশিনকে ভালভাবে পরীক্ষা করিয়া প্রকৃত কারণ নিরূপণ করিতে হইবে।

ষষ্ঠ পদক্ষেপ

বেয়ারিং গরম

১ম কার্য। বেয়ারিংয়ে তেলের অভাব।

লক্ষণ। বেয়ারিংয়ে তেল নাই; বেয়ারিংয়ের ভিতর যে চূড়ি (oiling ring) থাকে, তাহা ঘোরে না; তেল ঘাইবার রাস্তা বন্ধ হইয়া গিয়াছে।

প্রতিকার। বেয়ারিং বা তেলের বাটিতে (oil cup) ভাল নূতন তেল ঢালিয়া দাও। তেল ঘাইবার রাস্তা পরিষ্কার করিয়া যাহাতে চূড়ি ঠিকভাবে ঘোরে, তাহার বন্দোবস্ত কর। অনেক সময় তেলের বাটি বা বেয়ারিংয়ের কোন জায়গায় খুব সল্প হেঁদা বা ফাটা (leak) থাকে এবং তাহা দিয়া তেল এমনভাবে বাহির হইয়া যায় যে, টেব পাওয়া যায় না। বেয়ারিংয়ে তেল দিবাব সময় মিহি ছাঁকনা দিয়া তেল ছাঁকিয়া দিতে হয়, নইলে উহার সঙ্গে ধূলা, বালি বা অন্য খাঁকুর বেয়ারিংয়ের ভিতর গিয়া নানাপ্রকার দোষ জন্মাইতে পারে। জেনারেটর ও মোটরের বেয়ারিংয়ে ভাল “ডাইনামো অয়েল” (good grade dynamo oil) দিতে হয়। কি তেল কোন্ মেশিনের পক্ষে উপযুক্ত তাহা মেশিনের নির্মাতা কিংবা ষাহারা ঐ মেশিন বিক্রয় করিয়াছেন তাঁহাদের নিকট হইতে জানিয়া লইতে হয়। সব তেল সব মেশিনে চলে না। তেল বড় বেলী মোটা বা ঘন হইলে চূড়ি ভাল করিয়া ঘোরে না,—কিংবা একেবারেই ঘোরে না। তেল ভরার পর হাতে করিয়া মেশিনকে পাক কতক ঘুরাইয়া দেখিতে হয় চূড়িগুলি ঠিকভাবে ঘূবিতেছে কিনা। তেলের বাটিতে ঠিক মাপ মত তেল দিতে হয়; বেলী ঢালা হইয়া থাকিলে বাড়তি তেল বাহির করিয়া দেওয়া উচিত। বল-বেয়ারিং বা রোলার-বেয়ারিংওয়াল মোটর হইলে পুবারন গ্রীজ (grease) বা ভেসিলিন (vaseline) বাহির করিয়া পেট্রল দিয়া ধুইয়া আবার ঠিক সেই জাতীয় গ্রীজ বা ভেসিলিন দিয়া ভর্তি করিয়া দিতে হয়, নইলে বেয়ারিং নষ্ট হইয়া যাইতে পারে।

২য় কার্য। বেয়ারিংয়ের ভিতর ধূলা, বালি, কিংবা শাফ্ট বা বৃশের কুচা রহিয়াছে।

লক্ষণ। তেলের ভিতর হাত ডুবাইয়া আঙ্গুলে আঙ্গুলে রগড়াইলে, কিংবা বেয়ারিং হইতে তেল বাহির করিয়া লইয়া উগার তলা দেখিলে, খাঁকুরি জমিয়া আছে দেখিতে পাওয়া যায়। শাফ্টের গায়ে হাত দিলেও কবুকের বালির মত হাতে ঠেকে।

প্রতিকার। বেয়ারিং হইতে তেল একেবারে বাহির করিয়া লইয়া পরিষ্কার স্কাঞ্চা দিয়া বেয়ারিং মুছিয়া কেরোসিন তেল বা পেট্রল দিয়া ধুইতে হয়। সেইরূপ, শাফ্টও বাহির করিয়া লইয়া ধুইয়া, মুছিয়া আবার লাগাইতে হয়, আর ভাল নূতন ছাঁক তেল বেয়ারিংয়ে ঢালিয়া দিতে হয়। যে তেল একবার বেয়ারিং হইতে বাহির করা হইয়াছে, তাহা খুব ভাল করিয়া ফিল্টার না করিয়া আর বেয়ারিংয়ে ব্যবহার করিতে নাই।

তত্ত্ব কারণ। শাফ্ট আর বেয়ারিংয়ে কাটা ও ছড়া দাগ।

লক্ষণ। শাফ্ট আর বেয়ারিং তেলা বা চক্চকে নয়; উহার উপরে কাটা ও ছড়া দাগ; উহার গা উক্খুখ।

প্রতিকার। লেদে তুলিয়া শাফ্টকে খুব মিহি এক কোপ কাটিয়া, কিংবা ছড়া তত বেশী না হইলে মিহি উকো দিয়া ঘসিয়া, উহার গায়ের সব দাগ তুলিয়া দিতে হইবে। সেইরূপ, বেয়ারিং ছড়িয়া গিয়া থাকিলে তাহাও তুলিয়া দিতে হইবে। যদি শাফ্টের দাগ বেশী গভীর না হয় আর বেয়ারিং ভাল থাকে, তবে কেবল শাফ্টের গায়ের দাগ তুলিয়া দিলেই চলিবে, নতুবা বেয়ারিংকে



ছড়া শাফ্ট

২০৮নং চিত্র

আবার শাফ্টের সঙ্গে পাড়ানু করিতে হইবে। লেদে তুলিয়া বেয়ারিংয়ের বৃশ কাটিলেই উহার ছেঁদা (bore) বড় হইয়া যায়। তখন শাফ্ট আর উহার ভিতরে ঠিক বসে না—ঢক্ঢকে হয়। ডাইনামোর বেয়ারিংয়ের বৃশ সাধারণতঃ হোয়াইট মেটাল (white metal) বা ব্যাবিট্‌স মেটাল-এর (Babbitt's metal) হইয়া থাকে। ইহা সীসার মত ও নরম। এই বৃশ প্রায় আস্ত থাকে, পিতলের বৃশের মত দু-টুকরায় তৈরী নয়। আস্ত হোয়াইট মেটালের বৃশ ঢক্ঢকে হইয়া গেলে আর একটি নতুন বৃশ বদলাইয়া দেওয়া ভিন্ন অন্য উপায় নাই। একটি নতুন বৃশ ঢালাই করিবার পর লেদে টার্প করিয়া লইয়া শাফ্টের মাপ মত বৃশটির ছেঁদা রাখিতে হয়। পরে শাফ্টের যেখানটা বৃশের ভিতরে পরাইয়া দিয়া একটু এদিক-ওদিক ঘুরাইতে হয়। এইরূপ করিলে যেখানে বৃশের গা শাফ্টের সহিত ঠেকিবে, সেইখানেই লাল রং লাগিয়া যাইবে। অনন্তর শাফ্টটি বাহির করিয়া লইয়া বৃশের যেখানে যেখানে লাল রং লাগিয়াছে সেই সেই জায়গায় একটি আঁচড়া (২০৯নং চিত্র) বা স্ক্রাপার (scraper) দিয়া রংয়ের সহিত অতি সামান্য মেটাল চাঁচিয়া দিতে হইবে। এইভাবে যত জায়গায় লাল রং লাগিয়া থাকিবে, একে একে সবগুলি চাঁচিয়া দিয়া শাফ্টের গায়ে আবার একটু রং মাখাইয়া উহাকে পুনরায় বৃশের ভিতরে পরাইয়া ঘুরাইতে হইবে। ইহাতে বৃশের গায়ে যে সব জায়গায় আবার রং লাগিবে, সেইগুলিকে আবার চাঁচিয়া দিতে হইবে। এইরূপ যত করা যাইবে, ততই বৃশের গায়ে বেশী জায়গায় রং লাগিতে থাকিবে। বারবার এইরূপ করিতে থাকিলে ক্রমে বৃশের গায়ের অধিকাংশ বা সব জায়গায় শাফ্টের রং লাগিবে। তখন বুঝিতে হইবে যে, শাফ্টের সহিত বৃশ ঠিক “পাড়ানো” হইয়াছে। পরে ইহাতে “তেলের বাট” (oil-passages) কাটিয়া দিলেই বৃশ কাজের যোগ্য হইবে।

পুরানো উকো হইতে কাজের যোগ্য ক্লেপার করা চলে। যে-সকল উকো আর কাজে লাগে না, তাহাদের মধ্য হইতে একটি চ্যাপ্টা (flat) ও একটি তেশিরা



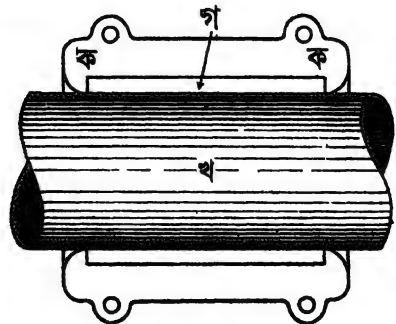
তেশিরা উকোর ক্লেপার

২০০নং চিত্র

উকো (triangular file) লইয়া তেশিরাটির মুখ পিটিয়া ছুঁচাল করিয়া এবং চ্যাপ্টাটিব মুখ পাতলা করিয়া একটু বাঁকাইয়া লইতে হইবে। পরে নিম্ন মত উহাকে জলে চুবাইয়া “পান” (temper) দিয়া আর তেল-শীলে (oil-stone) ঘসিয়া বেশ তেল ধার করিয়া লইলেই ক্লেপার হিসাবে ব্যবহাব কবা যাইবে।

ডাইনামোর বৃশ দুই টুকরাতেও হয় এবং উহার ভিতরের খানিকটা জায়গায় হোয়াইট মেট্যাল থাকে (white metal lining)। এই বৃশ ঢকঢকে হইলে প্রথমে উহাতে যেটুকু হোয়াইট মেট্যাল থাকে তাহা গালাইয়া বা ছেনী দিয়া কাটিয়া পিতল হইতে বাহির করিয়া ফেলিতে হইবে। পরে পিতলের এই অংশ টিনের কলাই কবিত্তে হইবে। টিনের কলাই না করিলে পিতলের গায়ে হোয়াইট মেট্যাল ভাল করিয়া কামড়াইয়া ধরে না। টিন-মিস্ত্রীরা যেমন করিয়া রাং বাল করে, ইহা তাহাই। পিতলের গায়ে হোয়াইট মেট্যাল ভাল করিয়া কামড়াইয়া না ধবিলে অল্পদিনে উহা খুলিয়া আসে। সেইজন্য প্রথমে ভাল করিয়া টিনের কলাই করা বড় দরকার। বাহাতে হোয়াইট মেট্যাল পিতলের গা হইতে সহজে খুলিয়া আসিতে না পারে, সেইজন্য পিতলে খাঁজও করা থাকে (২১০নং চিত্রের “ক” অংশ)। অনেক সময় আবাব পিতলেব গায়ে বাঁকা আর লোজা অনেকগুলি ছেঁদা করা হয় বাহাতে গালানো হোয়াইট মেট্যাল এই সকল ছেঁদার ভিতরে ঢুকিয়া পিতলের সহিত কামড়াইয়া বসিতে পারে।

অনন্তর, শাফ্টের মাপ অপেক্ষা কিছু সরু ও মন্থন একটি রড (rod) বা লোহার পাইপ যোগাড় করিয়া পিতলের উপর এমনভাবে রাখিতে হইবে বাহাতে পাইপের চারিদিকে সমানভাবে জায়গা থাকে (২১০নং চিত্রের “খ” অংশ)। পরে হোয়াইট মেট্যাল গালাইয়া পিতলের ফাঁকে (২১০নং চিত্রের “গ” অংশ) ঢালিয়া দিতে হইবে। যদি পিতল বেশী ঠাণ্ডা থাকে, তবে গরম হোয়াইট মেট্যাল ইহার সংস্পর্শে আসিয়া কিছু ঠাণ্ডা হইয়া ঘোটা হইয়া যাইবে। সেইজন্য হোয়াইট মেট্যাল ঢালিবার পূর্বে বৃশের পিতলকে গরম করিয়া লওয়া দরকার। এইরূপে বৃশের



হোয়াইট মেটালের দুই টুকরা বৃশ

২১০নং চিত্র

অপর পিডলেও মেটাল ঢালিয়া ঠাণ্ডা হইলে তুলিয়া শাফ্টের মাঝে হেঁচা করিয়া আগে যেমন বলা হইয়াছে সেই মত মেটে সিঁদুর দিয়া পরীক্ষা করিয়া আবশ্যক মত টাচিয়া “পাড়ান” করিয়া লইতে হইবে। যদি এই রকম বুশ সামান্য ঢক্ঢকে হইয়া যায়, তবে তাহার জন্য নতুন করিয়া হোয়াইট মেটাল ঢালাই করিবার প্রয়োজন হয় না। এইরূপ স্থলে উপরের বুশখানি বাহির করিয়া “ক” চিহ্নিত জায়গা (২১০নং চিত্র) মিহি উকো দিয়া আবশ্যক মত ঘষিয়া ফেলিতে হইবে। পরে মেটে সিঁদুর দিয়া পরীক্ষা করিয়া আবশ্যক মত ক্রেপার দিয়া টাচিয়া বুশকে শাফ্টের সহিত পাড়ান করিয়া লইলেই কাজ সম্পূর্ণ হইবে। ইহাকে বুশের “টান কাটা” বলে।

৪র্থ কারণ। বেল্টিং বড আঁট।

লক্ষণ। বেল্টিংয়ের দিকের বেয়ারিংয়ের অংশ গরম, বেল্টিংয়ে “টানের” দিকের (tension side) জোর অধিক; “কচ্ কচ্” আওয়াজ করে, বা পুলি হইতে বেন্ট পড়িয়া যায়।

প্রতিকার। বেল্টিং বড বেশী আঁট হইলে পুলির দিকের বেয়ারিং ক্ষয় হইয়া শীঘ্রই উহা বাদামে হইয়া যায়। বেল্টিং একটু ঢিলা করিয়া দিলে ইহার প্রতিকার হয়। এইরূপ করিতে হইলে যে বল্টগুলির সাহায্যে মেনিন স্লাইড-রেল দুইটির উপর আঁটা থাকে, সেইগুলি আলগা করিয়া মেনিনটি ইভিন বা লাইন-শাফ্টের দিকে একটু সরাইয়া আনিতে হইবে। পরে মাপিয়া দেখিতে হইবে পূর্বে মেনিনটি যেখানে ছিল, এখন তাহা হইতে দুইটি স্লাইড-রেলের উপরেই উহা ঠিক সমান দূর আসিয়াছে কিনা। একটির উপর কম আর অন্যটির উপর বেশী আসিয়া থাকিলে স্লাইড-রেল দুইটির সহিত যে “এ্যাড্জাস্টিং স্ক্রু” (Adjusting screw) থাকে, তাহার দ্বারা দূরত্ব ঠিক করিয়া একটি ইনসাইড ক্যালিপার (inside callipers) দিয়া তাহা মাপিয়া দেখিতে হইবে। সঙ্গে সঙ্গে বেল্টিং বাহাতে ঢিলা হইয়া না যায় সেদিকেও দৃষ্টি রাখা প্রয়োজন। মেনিনে লোড বেশী হইলে তাহা কমাইয়া দিতে হইবে, নইলে কিছুতেই বেয়ারিং গরম হওয়া বন্ধ হইবে না।

৫ম কারণ। বেয়ারিংয়ে শাফ্ট আঁট, অথবা শাফ্ট বঁকা।

লক্ষণ। হাতে করিয়া মেনিন ঘুরাইতে গেলে জোর লাগে, কিন্তু বেয়ারিংয়ের মুহুরী একটু ঢিলা করিয়া দিলেই মেনিন স্থল্লম্ব ঘুরিতে থাকে। শাফ্ট বঁকা হইলে হাতে করিয়া ঘুরাইবার সময় একই পাকের মধ্যে খানিকক্ষণ বেশ সহজে ঘোরে, আবার খানিকক্ষণ ঘুরাইতে জোর লাগে।

প্রতিকার। বেয়ারিংয়ে শাফ্ট আঁট হইলে বেয়ারিংকে বাহির করিয়া একটু কাটিয়া দিতে হইবে। বেয়ারিংয়ের বুশ দুই টুকরায় ভেঙী হইলে না কাটিয়া কেবল উহার উপরের মুহুরী দুইটি একটু ঢিলা করিয়া, এবং নরকার বোধ করিলে, পাডলা টানের “লাইনার” (liner) দিয়া দিলেই চলিবে। শাফ্ট বঁকা হইলে তাহাকে

বদলাইয়া ফেলাই উচিত। বাঁকা শাক্ট ঠিক সোজা করা বড় কঠিন; আবার তাহা প্রায়ই এমন আয়গার বাঁকে যে, সোজা করা অসম্ভব হইয়া দাঁড়ায়।

৬ষ্ঠ কার্য। সবকয়টি ফীল্ড-পোল আর্মেচার হইতে সমান দূরে অবস্থিত নহে।

উন্নতমানের প্রত্যেক মেনিনের দুই পাশের চাপায় (side covers) পোল-শুর সময়েরখায় ছেঁদা রাখা হয় এবং তাহা “স্ক্রু-প্লাগ” (screw-plug) দিয়া বন্ধ করা থাকে। এই “প্লাগ” খুলিয়া ছেঁদার ভিতর দিয়া লম্বা “ফীলার-গেজ” (feeler gauge) চালাইয়া প্রত্যেক পোল ও আর্মেচারের মধ্যের ফাঁক কত তাহা মাঝে মাঝে মাপিয়া দেখিতে হয়। নতুন মেনিনে এই ফাঁক সব পোলের সম্মুখেই সমান থাকে। কিন্তু ব্যবহার করিতে করিতে বৃশ ক্ষয় হইয়া গেলে ইহা কম-বেশী হইয়া যায়। মেনিন ব্যবহার করিবার সময় অস্ত্রতঃপক্ষে বৎসরে একবার করিয়া এই ফাঁক মাপিয়া দেখিতে হয়। যদি দেখা যায় যে এই ফাঁকের তারতম্য ঘটিতেছে, তবে তাহার প্রতি বিশেষ লক্ষ্য রাখিতে হয়, এবং যখনই ধরা পড়ে যে সর্বাপেক্ষা কম ফাঁক সর্বাপেক্ষা বেশী ফাঁকের তিন-চতুর্থাংশ হইয়াছে, তখনই বৃশকে বদলাইয়া ফেলা উচিত।

লক্ষণ। আর্মেচার ও ফীল্ড-পোলগুলির মধ্যে সমান ফাঁক থাকা প্রয়োজন। নতুবা আর্মেচার যে পোলের অধিকতর নিকটে থাকে, উহার উপর সেই পোলের আকর্ষণই বেশী জোরালো হয় (“কম্যুটেটোরে আণ্ডন দেওয়া”র ৭ম কারণ দ্রষ্টব্য)। দুই পোল-ওয়াল মেনিন অপেক্ষা বেশী পোল-ওয়াল মেনিনেই এই দোষ বেশী হয়। ইহাতে দুইটি বেয়ারিংই সমান গরম হইয়া ওঠে। বেয়ারিং যত বেশী ক্ষয় হয়, এই দোষ ততই বেশী প্রকাশ পায়। বেয়ারিং ক্ষয় হইয়া আর্মেচার একপাশে হইয়া গেলে ব্রাশগুলিকে তুলিয়া লইয়া ফীল্ড দিয়া পুরা কারেন্ট পাঠাইবামাত্র আর্মেচার একদিকে সরিয়া যাইবে।

প্রতিকার। বেয়ারিংয়ের বৃশ বদলাইয়া দেওয়া। (“কম্যুটেটোরে আণ্ডন দেওয়া”র ৭ম কারণের প্রতিকার দ্রষ্টব্য।)

৭ম কার্য। বেয়ারিং দুইটির কেন্দ্র (centre) এক লাইনে নাই।

লক্ষণ। হাতে করিয়া আর্মেচার ঘুরাইতে গেলে জোর লাগে; বেয়ারিংয়ের ঘূর্ণী টিলা করিয়া দিলে আর জোর লাগে না।

প্রতিকার। দুইটি বেয়ারিংয়ের কেন্দ্র (centre) এক লাইনে না থাকিলে একটিকে আবদ্ধকৃত মত এপাশে বা ওপাশে কিংবা উপরের দিকে বা নীচের দিকে সরাইয়া দিয়া শাক্ট বাহাতে সহজে ঘুরিতে পারে সেইরূপ বন্দোবস্ত করিতে হইবে। বেয়ারিং সরাইবার পরে সকল ফীল্ড-পোল হইতেই আর্মেচার বাহাতে ঠিক সমান দূরে থাকে, ঐ সঙ্গে তাহাও লক্ষ্য রাখিতে হইবে।

৮ম কার্য। আর্মেচার-শাক্টের বলার বা পুলি বোর্ডের দিকের বেয়ারিংয়ের গারে খসড়াইয়া যোরে।

জল্ফণ। ইঞ্জিন বা লাইন-শাফ্টের সহিত মেশিন এক লাইনে না থাকিলে চলিবার সময় আর্থেচার-শাফ্টের কলার বা পুলি বেয়ারিংয়ের গায়ে ঠেকিয়া চলে। অনেক সময় উহার। বেন্টিং ও বেয়ারিংয়ের গায়েও ঘষ্‌ড়ায়।

প্রতিকার। প্রত্যেক মেশিনে একটু করিয়া “এণ্ড-প্লে” (end-play) বা “খেলতা” থাকে। বেয়ারিংয়ের দিকে সমুখ করিয়া দাঁড়াইয়া শাফ্টকে হাত বা লাঠি দিয়া লম্বান্বিতভাবে (axially) ঠেলিয়া দিলে উহা যতটুকু সরিয়া যায়, তাহাই উহার এণ্ড-প্লে। এই খেলতা থাকার জন্ত কম্যুটেটার সমানভাবে ক্ষয় হয়; যতটা জায়গায় ব্রাশ উহার উপর চাপিয়া বসে, ততটা জায়গায় খাঁজ হইয়া যায় না। যখন মেশিন চলিবে, তখন শাফ্টটি একটু এদিক-ওদিক করিতে করিতে ঘুরিতে থাকিবে,—ইহাই স্বাভাবিক। কিন্তু কলার, পুলি বা বেন্টিং বেয়ারিংয়ের গায়ে ঠেকিয়া চলিলে এই খেলতা আর থাকে না। সেইজন্য বেন্টিং আর পুলি সরাইয়া ইঞ্জিন বা লাইন-শাফ্টের কলার ঘষিয়া একটু পাতলা করিয়া দিয়া যাহাতে উহার খেলতা বজায় থাকে তাহা করিতে হইবে। মেশিনের আকার বুঝিয়া এই খেলতা সাধারণতঃ ০.৩২ সেণ্টিমিটার হইতে ১ সেণ্টিমিটার পর্যন্ত রাখা থাকে।

৯ম কারণ। অল্প অংশ হইতে তাপ চালিত হইয়া বেয়ারিংয়ে আসে।

জল্ফণ ও প্রতিকার। যে অংশ সর্বাপেক্ষা বেশী গরম, তাহা নির্ণয় করিয়া তাহার কারণ বাহির করা ও প্রতিকার করা (“কম্যুটেটার ও ব্রাশ গরমে”র ৭ম কারণ জটব্য)।

সপ্তম পদ্বিচ্ছেদ

মোটর চলে না

১ম কারণ। মোটরের যত লোড টানিবার ক্ষমতা, তাহা অপেক্ষা অনেক বেশী লোড উহার সহিত জুড়িয়া দেওয়া ; উহার কোন অংশ এমন “আঁট” অথবা উহা অন্য কোন অংশের সহিত এত বেশী ঘষড়ায় যে, মোটর চলে না।

লক্ষণ। আরম্ভের ও ফীল্ড-সারকিটে কারেন্ট ঠিক আছে, কিন্তু মোটর চালু করার সময় এত বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হয় যে, ফিউজ পুড়িয়া যায় কিংবা অটোম্যাটিক সারকিট-ব্রেকার থাকিলে তাহা খুলিয়া পড়ে ; যদি কোন কারণে ফিউজ না পোড়ে কিংবা সারকিট-ব্রেকার না খোলে, তবে আরম্ভের পুড়িয়া যায় ; কম্যুটেটারে আগুন দেয় ; শাক্ট, বেয়ারিং বা অন্য অংশ আঁট হয়, কিংবা আরম্ভের ফীল্ড-পোলে ঠেকে।

প্রতিকার। প্রথমবার ফিউজ পুড়িলে বা সারকিট-ব্রেকার খুলিয়া গেলে নতুন করিয়া ফিউজ পরাইয়া দিতে বা সারকিট ব্রেকার লাগাইয়া দিতে হইবে। কিন্তু যদি আবার ফিউজ পুড়িয়া যায় বা সারকিট-ব্রেকার খুলিয়া পড়ে, তবে বুঝিতে হইবে নিশ্চয়ই কোথায়ও কিছু গোলমাল আছে। তখন ঐরূপ হওয়ার কারণ কি তাহা বাহির করিয়া প্রতিকার করার আগে পারতপক্ষে আর মেশিন চালু করিতে নাই। মোটরে অতিরিক্ত লোড পড়িলে তাহা কমাইয়া দিতে হয়, আর উহার কোন অংশে যদি আঁট থাকে, তবে তাহা দূর করা প্রয়োজন। (“কম্যুটেটারে আগুন” দেওয়া”র ৩য় কারণ, “বেয়ারিং গরম” ও “মেশিন শব্দ করিয়া চলে” দ্রষ্টব্য।)

২য় কারণ। কোন-না-কোন অংশের তার কাটা বা সংযোগ খোলা।

লক্ষণ। কোন জায়গায় কিছু আঁট নাই, হাতে করিয়া ঘূরাইলে আরম্ভের বেশ ঘোরে ; কিন্তু ভাল করিয়া পরীক্ষা করিলে হয়ত দেখা যাইবে—

ফিউজের তার কাটা, অথবা সুইচ্ মারা হয় নাই, অথবা সুইচ্ আর স্টার্টার হইতে যে তারগুলি মোটরে আলিয়াছে, তাহাদের মধ্যে কোন জায়গায় কাটা বা খোলা আছে। এইরূপ স্থলে সুইচ্, খুলিবার সময় একেবারেই আগুন দিবে না। কিংবা ফীল্ডের কোন তার কাটা বা উহার সংযোগ খোলা। এই দোষে কম্যুটেটার হইতে ত্রাশগুলি তুলিয়া লইয়া সুইচ্ মারিয়া একটি লোহা ফীল্ড-পোলের নিকটে ধরিলে পোল ঐ লোহাকে উপযুক্ত জোরে টানিবে না এবং আরম্ভের দিয়া বড় বেশী কারেন্ট যাইতে থাকিবে (ইহা মোটরের অ্যান্টিটার হইতে দেখিতে পাওয়া যাইবে)। কিংবা আরম্ভের সংযোগ কাটা। ইহাতে ফীল্ডের সংযোগ খুলিয়া সুইচ্ মারিয়া কোন একটি ত্রাশকে কম্যুটেটারের উপর হইতে তুলিয়া

লইলে ভ্রাশে আগুন দিবে না। কিংবা স্টার্টারের দোষ। কিংবা হয়ত এই সকল কিছুই হয় নাই, কেবলমাত্র অল্পক্ষণের জন্য বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ হইয়া গিয়াছিল। এইজন্য হঠাৎ মোটর না চলিলে অন্য জায়গায় কারেন্ট আছে কিনা আগে তাহা দেখিতে হয়।

প্রতিকার। প্রথম কারণ, বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ। দ্বিতীয় কারণ, ফিউজের তার কাটা বা সুইচ্ মারা হয় নাই, প্রকৃতি। যদি এই সকল কিছু না হয়, তখন অন্য কারণ খুঁজিতে হইবে। কোন জায়গায় সংযোগ খোলা বা তার কাটা থাকিলে বর্তনী দিয়া কারেন্ট বাইতে পারে না। সেইজন্য ইহা পরীক্ষা করিবার প্রধান ও সহজ উপায় মেনিনের ভিন্ন ভিন্ন অংশ দিয়া একে একে কারেন্ট পাঠাইয়া দেখা বাতি জলে কিনা। যে সারকিটে বাতি না জলে কিংবা অতিশয় মিড়্ মিড়্ করিয়া জলে, বুঝিতে হইবে সেইখানেই দোষ আছে। কিন্তু এই কথাটিও মনে রাখিতে হইবে যে, সাণ্ট মোটরের ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স বেশী বলিয়া এইভাবে পরীক্ষা করিবার সময় ফীল্ড-নারকিটে বাতি কমই জলিবে; আর ইহাই স্বাভাবিক। অনন্তর যে অংশের সংযোগ খোলা দেখা যাইবে তাহা মেরামত করিয়া দিতে হইবে। স্টার্টারে তার কাটা বা ছেঁড়া থাকিলে তাহা মেরামত করিয়া লইতে হইবে।

৩য় কারণ। সংযোগের গোলমাল।

প্রতিকার। নূতন লোক হইলে, কিংবা ভুলবশতঃ, অনেক সময় সংযোগের গোলমাল হইতে পারে। সিরিজ মোটর হইলে আর্ম্‌চার, ফীল্ড-কয়েল এবং স্টার্টার একটির পর একটি সিরিজে সংযুক্ত করিতে হয়, আর সাণ্ট মোটরের ক্ষেত্রে ফীল্ড এবং আর্ম্‌চার পরস্পরের সহিত প্যার্যাললে সংযুক্ত থাকে এবং স্টার্টিং রেজিস্ট্যান্স (starting resistance) আর্ম্‌চারের সহিত সিরিজে যুক্ত হয়। আর্ম্‌চারের সহিত ফীল্ডের সংযোগ অনেক মোটরে ভিতরেই করা থাকে। সেক্ষেত্রে স্টার্টারের সহিত সিরিজ মোটরের সংযোগ করিতে হইলে লাইন হইতে এক গাছা তার লইয়া স্টার্টারের এক টার্মিনালে যোগ করিয়া উহার অপর টার্মিনাল হইতে তার লইয়া মেনিনের এক টার্মিনালে দিতে হয়, এবং মেনিনের অপর টার্মিনালের সংযোগ লাইনের (main) অন্য তারের সঙ্গে করিতে হয়। মেনিন সাণ্ট কিংবা কম্পাউণ্ড মোটর হইলে উহার স্টার্টার তিন-টার্মিনাল যুক্ত হয় এবং মেনিনের গায়েও তিনটি টার্মিনাল থাকে। অনেক মেনিনে আবার চারিটি টার্মিনাল দেখা যায়। তাহাদের মধ্যে দুইটি ফীল্ড-কয়েলের এবং বাকী দুইটি আর্ম্‌চারের টার্মিনাল। এমন জায়গায় একটি ফীল্ডের ও একটি আর্ম্‌চারের টার্মিনাল একসঙ্গে যোগ করিয়া দিতে হয়; ইহাকে “কমন টার্মিনাল” (common terminal) বলে। স্বতরাং বাহিরের সহিত সংযোগের জন্য সাণ্ট আর কম্পাউণ্ড মেনিনে তিনটি টার্মিনালই রাখা থাকে। মোটরের স্টার্টারে যে তিনটি টার্মিনাল থাকে, তাহাদিগকে যথাক্রমে “আর্ম্‌চার”, “ফীল্ড” ও “লাইন” টার্মিনাল বলে। অধিকাংশ স্টার্টারেই এই টার্মিনালগুলির কাছে বা গায়ে যথাক্রমে “A” অথবা “Arm”, “F” অথবা “Field” অথবা “Shunt”, এবং “L” অথবা “Line”

কথাটি লেখা থাকে। এখন হুইচের পজিটিভ প্রাপ্ত হইতে তার লইয়া স্টার্টারের “L” বা “Line” টার্মিনালে যোগ করিতে হয়, এবং স্টার্টারের অপর দুই টার্মিনাল হুইতে দুই গাছা তার লইয়া উহার “F” বা “Field” টার্মিনাল মেনিনের ফীল্ড-কয়েলের সহিত আর “A” বা “Arm” টার্মিনাল মেনিনের আর্মচারের সহিত যোগ করিতে হয়। মেনিনের “কয়ল” টার্মিনালের সহিত লাইনের নেগেটিভ টার্মিনাল সরাসরি সংযুক্ত থাকে।

৪র্থ কারণ। ফীল্ড-কয়েলে পূরা লট-সার্কিট আছে।

প্রতিকার। কয়েল নতুন করিয়া জড়াইয়া লইতে হইবে।

অষ্টম পদ্বিচ্ছেদ

জেনারেটরে ভোল্টেজ ওঠে না

১ম কারণ। মেশিন বা বাহিরের লাইনে সর্ট-সার্কিট (short-circuit) আছে।

লক্ষণ। আর্মচারে সর্ট-সার্কিট থাকিলে উহাতে ভোল্টেজ একরূপ উৎপন্ন হয় না; ফীল্ড-কয়েল দিয়া বাহির হইতে কারেন্ট পাঠাইলেও আর্মচারে ভোল্টেজ দেখায় না; কারেন্ট এত বেশী বৃদ্ধি পায় যে, ইন্ড্রিন আস্তে হইয়া যায়, কম্যুটেটারে আগুন দেয় আর ফিউজ পুড়িয়া যায়; ফীল্ড-ম্যাগনেটের চুম্বকত্ব বৃদ্ধিতে পারা যায় বটে, কিন্তু অল্প; লাইনে সর্ট-সার্কিট হইলে সার্ভ মেশিন ভোল্টেজ একেবারেই দেয় না; দিরিজ মেশিনে ভোল্টেজ দেখায় বটে, কিন্তু উপরের লক্ষণগুলি প্রকাশ পায়।

প্রতিকার। আর্মচারের সর্ট-সার্কিট পরীক্ষা করার সময় জেনারেটার সাধারণতঃ যত ভোল্টেজ দেয়, তাহার শতকরা ৫ হইতে ১০ ভাগ ভোল্টে (অর্থাৎ ১১০ ভোল্টের জেনারেটার হইলে ১০-১১ ভোল্ট, আর ২২০ ভোল্টের জেনারেটার হইলে ২০-২২ ভোল্ট পর্যন্ত) আর্মচার দিয়া কারেন্ট পাঠাইয়া ভোল্টমিটার দিয়া পাশাপাশি দুইটি দুইটি কম্যুটেটার-সেগ্মেন্ট পরীক্ষা করিলে যে কয়েলে সর্ট-সার্কিট আছে, তাহাতে ভোল্টেজ একেবারেই পাওয়া যাইবে না। বাহিরের লাইনে সর্ট-সার্কিট থাকিলে তন্ন তন্ন করিয়া খুঁজিয়া বাহির করিয়া তাহা দূর করিতে হইবে। অনেক সময় বাতির হোল্ডারে (lamp-holder), সুইচের ভিতরে, কাট-আউটে কিংবা ইন্সুলেটরে সর্ট-সার্কিট থাকে। যদি জেনারেটার হইতে কারেন্ট লইয়া কোন মোটর চালানো হয়, আর সেই মোটরের স্টাটারে “নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল” না থাকে, তবে সুইচ, খুলিয়া মোটর বন্ধ করার পর স্টাটারের হাতল পিছন দিকে ঘুরাইয়া দিতে ভুল হইয়া গেলে স্টাটার সর্ট-সার্কিট হইয়া থাকে এবং পুনরায় সুইচ মারিয়া মোটর চালাইবার সময় জেনারেটার ভোল্টেজ দেয় না। সেইজন্য পাখার স্টাটার ছাড়া আঙ্গকাল সকল মোটরের স্টাটারেই নো-ভোল্ট রিলীজ কয়েল থাকে।

২য় কারণ। কোন জায়গায় তার কাটা।

লক্ষণ। ফিউজের তার পোড়া, সার্কিট-ব্রেকার বন্ধ করা হয় নাই, সুইচ মারা হয় নাই, মেশিনের ভিতরের কোন অংশের তার কাটা বা পোড়া, জেনারেটার হইতে সুইচ-বোর্ডের মধ্যে কোন জায়গায় তার কাটা, ছেঁড়া বা সংযোগ ঢিলা।

প্রতিকার। (“মোটর চলে না”র ২য় কারণ, লক্ষণ ও প্রতিকার দেখ।)

৩য় কারণ। ব্রাশ ঠিক জায়গায় বসানো নাই, কিংবা উহা ভাল করিয়া কম্যুটেটারের উপর বসে না।

লক্ষণ। ত্রাশ যদি ঠিক জায়গায় বসানো না থাকে, তবে রকারের হাতল ধরিয়৷ ঘুরাইলে ভোল্টেজ কম-বেশী হয়; ত্রাশ কমুটেটোরের উপর ভাল করিয়া না বসিলে কমুটেটোরে আগুন দেয়।

প্রতিকার। ভিন্ন ভিন্ন মেনিনের আর্মচার ভিন্ন ভিন্ন ভাবে জড়ানো থাকে বলিয়া সব মেনিনে ত্রাশ বসিবার জায়গা ঠিক এক হয় না। রকারের হাতল ধরিয়৷ সাবধানে কমুটেটোরের উপর ত্রাশকে এদিক-ওদিক সরাইলে যেখানে আগুন দেওয়া বন্ধ হয়, সেখানেই ত্রাশকে বসানো উচিত। কোন কোন মেনিন আবার এমনভাবে তৈরী যে, লোড লইয়া চলিবার সময় উহার কমুটেটোরে আগুন দেওয়া একেবারে বন্ধ হয় না। ইহা দোষের নহে। অতিরিক্ত না হইলে এই আগুন দেওয়া বন্ধ করিবার চেষ্টা করিতে নাই। সাধারণতঃ জেনারেটর আর মোটর উভয় মেনিনেই ত্রাশের জায়গা এক; তবে জেনারেটোরের ত্রাশ মেনিন যেদিকে ঘোরে সেই দিকে আরও একটু আগাইয়া আর মোটরের ত্রাশ একটু পিছাইয়া দিতে হয়।

উপরে যাহা বলা হইল, তাহা সেই সব জেনারেটর আর মোটরের পক্ষেই প্রযোজ্য যাহাদের ইন্টার-পোল বা কমুটেটিং পোল নাই। আজকাল প্রায় সব মেনিনেই ইন্টার-পোল থাকে; তাই সেই সব মেনিনের ত্রাশকে এদিক-ওদিক সরাইতে হয় না।

৪র্থ কারণ। সংযোগ উল্টা, অথবা মেনিনকে উল্টা দিকে ঘুরানো।

লক্ষণ। ফীল্ড-ম্যাগনেটের জোর কম বা একেবারেই নাই; লোহা নিকটে চইয়া গেলে টানে না; যদি ফীল্ড-কয়েলে বাহির হইতে কারেন্ট দেওয়া হয়, তথাপি আর্মচারে ভোল্টেজ দেখায় না। জেনারেটর যেদিকে ঘোরে, সাধারণতঃ মেনিনের গায়ে তীর-চিহ্ন-দ্বিয়া তাহা দেখানো থাকে। যদি ভুলক্রমে উহাকে তাহার বিপরীত দিকে ঘুরানো হয়, তাহা হইলেও এই দোষ দেখা দেয়। যদি কোন মেনিনের গতিমুখ নির্দেশ করা না থাকে, তবে মেনিন বসাইবার আগে তাহা জানিয়া লইতে হয়। আজকাল অবশ্য কমুটেটোরের দিকে মুখ করিয়া দাঁড়াইলে ঘড়ির কাঁটা যেদিকে ঘোরে, তাহার বিপরীত দিকে (বামাবর্তে; anti-clockwise) আর্মচারকে ঘুরানোই প্রচলিত নিয়ম হইয়া দাঁড়াইয়াছে।

প্রতিকার। হয় আর্মচারের সংযোগ, আর না হয় ফীল্ডের সংযোগ উল্টা করিয়া দাও। (তবে দুই-ই যেন একসঙ্গে উল্টানো না হয়, তাহা হইলে দোষ থাকিয়া যাইবে।) জেনারেটর দুই-পোল ওয়াল হইলে উহার ত্রাশকে 180° ডিগ্রী আর চারি-পোল ওয়াল হইলে 90° সরাইয়া দাও। মেনিনকে উল্টা দিকে ঘুরাইবার বন্দোবস্ত কর। কিন্তু এই সকল পরিবর্তনের কোন একটি অবলম্বন করিলে চুখকের জোর একেবারে নষ্ট হইয়া যাইতে পারে। তখন বাহির হইতে কারেন্ট দিয়া আবার উহার জোর ঠিক করিয়া লইতে হইবে।

৫ম কারণ। এক বা একাধিক ফীল্ড-কয়েল উল্টা।

লক্ষণ। মেশিন দুই পোল-ওয়লা হইলে বাহিরে প্রায় কিছুই ভোল্টেজ পাওয়া যায় না ; অধিক পোল-ওয়লা জেনারেটর কিছু ভোল্টেজ দেয় বটে, কিন্তু সঙ্গে সঙ্গে কম্বুটেটোরে বড় বেশী আগুন দেয়।

প্রতিকার। (“কম্বুটেটোরে আগুন দেওয়া”র ৭ম কারণ, লক্ষণ ও প্রতিকার দেখ।)

৬ষ্ঠ কারণ। জেনারেটর যখন না চলে, তখন উহার চুম্বকের জোর (residual magnetism) বড় কম, কিংবা একেবারেই থাকে না। যখন জেনারেটর না চলে, তখনও উহার ফীল্ড-পোলে কিছু চুম্বকত্ব থাকা দরকার ; নইলে চলিবার সময় আর্মেচারে ভোল্টেজ উৎপন্ন হইতে পারে না। অনেকগুলি কারণে জেনারেটরের ফীল্ডের চুম্বকত্ব নষ্ট হইয়া যাইতে পারে। মেশিনে বেশী জোরে ধাক্কা লাগিলে বা উহা বড় বেশী কাঁপিতে থাকিলে, কিংবা ফীল্ড কারেন্ট না দিয়া আর্মেচারে জোরাল কারেন্ট দিলে, কিংবা ফীল্ড দিয়া কোন সময় উন্টা দিকে কারেন্ট পাঠাইলে, ফীল্ড-পোলের চুম্বকত্ব একেবারে নষ্ট হইয়া কিংবা উহার জোর কমিয়া যাইতে পারে।

লক্ষণ। ফীল্ডের চুম্বকত্ব কম বা একেবারে নাই।

প্রতিকার। অল্প কোন জেনারেটর বা স্টোরেজ ব্যাটারি হইতে কারেন্ট লইয়া ফীল্ডের ভিতর দিয়া পাঠাইতে হইবে ; যদি তাহাতে জেনারেটরের ভোল্টেজ না ওঠে, তবে ফীল্ড-কয়েলের সংযোগ উন্টা করিয়া আবার উহাতে কারেন্ট দিয়া মেশিন চালাইতে হইবে। এই কারেন্টের পরিমাণ ঐ জেনারেটরের ফীল্ড-কারেন্টের পরিমাণের সমান হওয়া আবশ্যিক। পুরা লোডে জেনারেটরের আর্মেচারে যত কারেন্ট উৎপন্ন হয়, উহার ফীল্ড দিয়া তাহার প্রায় তঁও হইতে হুঁট ভাগ কারেন্ট যায়। এইভাবে ফীল্ড দিয়া অল্প কারেন্ট দেওয়ার সময় ব্রাশকে সম্ভবতঃ একটু সরাইয়া দিতে হইবে। সার্ট জেনারেটরের নষ্ট-চুম্বকত্ব ফিরাইয়া আনা যেমন সহজ, সিরিজ জেনারেটরে তেমন নয় ; কারণ এই মেশিনের ফীল্ডে বড় বেশী কারেন্টের দরকার করে। কিন্তু তেমনি আবার সিরিজ মেশিনের নষ্ট-চুম্বকত্ব অতি শীঘ্র ফিরিয়া আসে। যদি ফীল্ড-পোলে কিছুমাত্র চুম্বকত্ব অবশিষ্ট থাকে, তবে মেশিনের টার্মিনাল সার্ট-সার্কিট করিয়া দিলে অতি শীঘ্র চুম্বকত্ব বৃদ্ধি পায়। এইভাবে মেশিন সার্ট সার্কিট করিবার সময় এমন সতর্কতা অবলম্বন করিতে হয় যাহাতে উহার আর্মেচারে স্বাভাবিক কারেন্টের দেড় গুণ অপেক্ষা বেশী কারেন্ট উৎপন্ন হইতে না পারে ; অর্থাৎ যে-মেশিন ৩০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট দেয়, সার্ট-সার্কিট করিলে তাহাতে যেন ৪৫ অ্যাম্পিয়ারের বেশী কারেন্ট জন্মিতে না পারে। এইরূপ করিতে হইলে যে-তার দিয়া উহার টার্মিনাল সার্ট-সার্কিট করা হইবে, তাহার সহিত এমন একটি ফিউজ লাগাইয়া দিতে হইবে যাহাতে কারেন্টের পরিমাণ বেশী হইলেই ঐ ফিউজ পুড়িয়া যায়। এই উপায়ের দ্বারা কিছু ফল না পাইলে, তবেই মেশিনের ফীল্ডের সংযোগ উন্টা করিয়া দিতে হইবে।

নবম পরিচ্ছেদ

ভোল্টেজ ঠিক পরিমাণমত হয় না

১ম কারণ। মেশিন খুব বেশী জোরে অথবা খুব কম জোরে ঘোরে।

লক্ষণ ও প্রতিকার। (দশম পরিচ্ছেদ দেখ।)

২য় কারণ। জেনারেটর হইতে বড় বেশী কারেন্ট লওয়া হয় (over-load)।

লক্ষণ ও প্রতিকার। (“কম্বুটেটারে আগুন দেওয়া”র ৩য় কারণ এবং দশম পরিচ্ছেদ দেখ।)

৩য় কারণ। আর্বেচার-কয়েলে সর্ট-সারকিট বা উহার সংযোগ উন্টা।

লক্ষণ ও প্রতিকার। (“কম্বুটেটারে আগুন দেওয়া”র ৪র্থ কারণ দেখ।)

৪র্থ কারণ। ব্রাশ ঠিক জায়গায় বসানো নাই।

লক্ষণ। ব্রাশ এদিক-ওদিক সরাইলে জেনারেটরের ভোল্টেজও কম-বেশী হয়। উদাসীন অক্ষ (neutral axis) হইতে ব্রাশ যত সরানো যায়, ভোল্টেজ ততই কমিতে থাকে। যে-সকল জেনারেটারে ইন্টার-পোল থাকে, তাহাদের ব্রাশ দুইটি প্রধান পোলের ঠিক মাঝখানে একেবারে আঁটিয়া দেওয়া উচিত। মেশিন যেদিকে ঘোরে, এই ধরনের জেনারেটরের ব্রাশ সেই দিকে একটু আগাইয়া দিলে ভোল্টেজ বৃদ্ধি পায়, আর পিছাইয়া দিলে ভোল্টেজ কমিয়া যায়।

প্রতিকার। (“কম্বুটেটারে আগুন দেওয়া”র ৫ম কারণ দেখ।)

৫ম কারণ। ফীল্ডের জোর খুব বেশী অথবা খুব কম।

লক্ষণ ও প্রতিকার। (“কম্বুটেটারে আগুন দেওয়া”র ৭ম কারণ আর “জেনারেটারে ভোল্টেজ ওঠে না”র ৬ষ্ঠ কারণ দেখ।)

৬ষ্ঠ কারণ। ফীল্ড-কয়েল উন্টা। উহার তারে সর্ট-সারকিট, কিংবা ফীল্ডের সংযোগ কাটা।

লক্ষণ। ইহা ৫ম কারণেরই অংশ বিশেষ। ইহাতে ফীল্ডের জোর বড় বেশী কমিয়া যায়। দুইটি ফীল্ড কয়েল না থাকিলে জেনারেটারের যে ক্ষতি হয়, একটি ফীল্ড-কয়েল উন্টা হইলে মেশিনের সেই ক্ষতি হয়; কেননা, একটি কয়েল উন্টা হইয়া যে উন্টা চুম্বক উৎপাদন করে, তাহার প্রভাব দূর করিতে আর একটি চুম্বকের দরকার হয়। ইহা চুম্বক গরম হওয়া, কম্বুটেটারে আগুন দেওয়া, প্রভৃতি দোষের সৃষ্টি করে। (ফীল্ড-কয়েলে সর্ট-সারকিট, উহার সংযোগ কাটা আর তাহার প্রতিকার সম্বন্ধে “কম্বুটেটারে আগুন দেওয়া”র ৭ম কারণ দেখ।)

মোটর ও জেনারেটর ঠিকমত ঘোরে না

(ক) মেশিন বেশী জোরে ঘোরে

১ম কারণ। মোটরের লোড কম।

লক্ষণ ও প্রতিকার। মোটরের ফীল্ডের জোর কম থাকিলে মেশিন জোরে চলে। সিরিজ মোটরে লোড না থাকিলে উহা এত বেশী জোরে ঘোরে যে, তাহাতে মেশিন নষ্ট হইয়া যাইতে পর্যন্ত পারে। সান্ট মোটরও এই কারণে জোরে চলে বটে, কিন্তু সিরিজ মোটরের মত নহে। যে লাইনের ভোল্টেজ সব সময় সমান থাকে (constant-potential circuit), তাহাতে সিরিজ মোটর লাগাইয়া সেই মোটরের সহিত বোর্ডিং দিয়া অল্প কোন মেশিন পরিচালনার সময় কোনক্রমে যদি ঐ বোর্ডিং ছিঁড়িয়া বা খুলিয়া যায়, তবে মোটর এত জোরে ঘুরিতে আরম্ভ করে যে, সব ভান্দিয়া-চুরিয়া যাইতে পারে। এইজন্য সিরিজ মোটর ব্যবহার করিতে হইলে দাঁতওয়ালা চাকা (pinion) দিয়া, কিংবা লোডের শাফ্ট মোটরের শাফ্টের সহিত সরাসরি যোগ করিয়া, মোটর চালনা করিতে হয় যাহাতে উহার লোড কোন রকমে হঠাৎ একেবারে কমিয়া যাইতে না পারে। সিরিজ মোটরের শাফ্টে সকল সময়েই লোড সংযুক্ত থাকা প্রয়োজন।

২য় কারণ। লাইনের ভোল্টেজ বড় বেশী।

লক্ষণ। মোটর বেশী জোরে ঘোরে। ইহা ব্যতীত অল্প কোন লক্ষণ প্রকাশ পায় না।

প্রতিকার। নিজেদের জেনারেটর অথবা ব্যাটারি হইতে কারেন্ট আসিলে উহার ভোল্টেজ কম করিয়া দিতে হইবে, আর বিদ্যুৎ সরবরাহকারী প্রতিষ্ঠানের লাইন হইতে কারেন্ট আসিলে তাহাঙ্গিকে সংবাদ দিতে হইবে। কিন্তু সরবরাহকারী প্রতিষ্ঠানের লাইনে ভোল্টেজ প্রায়ই এমন কম-বেশী হয় না যাহাতে মোটরের এইরূপ দোষ ঘটতে পারে।

৩য় কারণ। ফীল্ডের জোর কম। সান্ট মোটরের ফীল্ড-সারকিটের সংযোগ ধারাপ থাকিলেও এই দোষ প্রকাশ পায়। তখন মোটর চালু করিবামাত্র গতিবেগ বৃদ্ধি পায় আর ফিউজ পুড়িয়া যায়।

লক্ষণ ও প্রতিকার। (“কমুটেটারে আগুন দেওয়া”র ৭ম কারণ দ্রষ্টব্য।)

৪র্থ কারণ। আর্মেচারের তার ছেঁড়া।

লক্ষণ ও প্রতিকার। মোটর বেশী জোরে চলে। (“কমুটেটারে আগুন দেওয়া”র ৬ষ্ঠ কারণ দ্রষ্টব্য।)

৫ম কারণ। কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরের সিরিজ ফীল্ড সান্ট ফীল্ডকে লাহায্য না করিয়া উহার চুম্বক দ্বারা করে।

লক্ষণ। লোড বতই বাড়ানো যায়, মোটরের গতিবেগ ততই বৃদ্ধি পাইতে থাকে, অবশেষে সেই গতিবেগ প্রবল হইয়া ওঠে।

প্রতিকার। কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটরের সিরিজ ফীল্ড সাণ্ট ফীল্ডকে সাহায্য করে। যদি সংযোগের দোষে তাহা না হইয়া উণ্টা হইয়া যায়, তবে লোড বত বৃদ্ধি পাইতে থাকে, ফীল্ডের সমবেত বলরেখার সংখ্যা ততই কমিয়া যায়; ফলে মোটর জ্বোরে চলে। এইরূপ স্থলে সিরিজ ফীল্ড-কয়েল্লের সংযোগ উণ্টা করিয়া দিতে হয়।

আর একরকম কম্পাউণ্ড মোটর আছে, চলিবার সময় বাহার সিরিজ ফীল্ড সাণ্ট ফীল্ডের চুম্বককে আংশিকভাবে হ্রাস করে। এই মোটরকে ডিফারেন্শাল কম্পাউণ্ড মোটর বলে। তবে ইহার ব্যবহার খুবই কম। সচরাচর যে জাতীয় কম্পাউণ্ড মোটর ব্যবহার করা হয়, তাহাতে উহার সিরিজ ফীল্ড সাণ্ট ফীল্ডের চুম্বককে সাহায্যই করে। ইহারই ইংরাজি নাম কিউমিউলেটিভ কম্পাউণ্ড মোটর। এমন কম্পাউণ্ড মোটরের কথাই এইখানে বলা হইতেছে।

(খ) মেনিন বড় আস্তে চলে

৬ষ্ঠ কারণ। মোটরে অতিরিক্ত লোড পড়া।

লক্ষণ ও প্রতিকার। (“কমুটেটারে আগুন দেওয়া”র ৩য় কারণ আর “আর্মেচার ও ফীল্ড কয়েল গরম” দ্রষ্টব্য।) যদি লোড কমাইতে পারা না যায়, তবে মোটরের পুলি ছোট করিয়া কিংবা লাইন-শাফ্ট অথবা মোটরের দ্বারা যে মেনিন পরিচালিত হইতেছে তাহার পুলি বড় করিয়া দিতে হইবে।

৭ম কারণ। আর্মেচারে সর্ট-সার্কিট কিংবা আর্থ।

লক্ষণ ও প্রতিকার। (“আর্মেচার ও ফীল্ড-কয়েল গরম”-এর ১ম কারণ দেখ।)

৮ম কারণ। বেয়ারিংয়ে শাফ্ট সহজে ঘোরে না,—জাঁট হয়।

লক্ষণ ও প্রতিকার। (“বেয়ারিং গরম”-এর ৫ম কারণ দেখ।)

৯ম কারণ। পোলের গায়ে আর্মেচার ঠেকে।

লক্ষণ ও প্রতিকার। (“মেনিন বড় আওয়াজ করিয়া চলে”-এর ৩য় কারণ দেখ।)

একাদশ পরিচ্ছেদ মেসিন বড় বেশী আওয়াজ করিয়া চলে

১ম কারণ। কম্বুটেটার উচ্চত্ব ও উচুনীচ হওয়ার দরুন, কম্বুটেটারে চট্টেটে ময়লা পড়িয়া থাকার জন্ত, অথবা ব্রাশ-হোল্ডার টিলা কিংবা শ্রীংয়ের জোর কম বলিয়া মেসিন চলিবার সময় আশুন আর “ছছড়” আওয়াজ দেয়; ব্রাশ কম্বুটেটারের উপর ভাল করিয়া বসে না।

লক্ষণ ও প্রতিকার। (“কম্বুটেটারে আশুন দেওয়া”র ১ম ও ২য় কারণ দ্রষ্টব্য।) কম্বুটেটার ও ব্রাশ নতন হইলে প্রথম প্রথম দুই-একদিন একটু বেশী শব্দ করে, কিন্তু পরে তাহা ঠিক হইয়া যায়।

২য় কারণ। পুলির উপর বেল্টিংয়ের জোড়ের “কটাস্” “কটাস্” আওয়াজ।

লক্ষণ। যতবার বেল্টিংয়ের জোড় ঘুরিয়া ঘুরিয়া পুলির উপর আসে, ততবারই এই আওয়াজ হয়। একের অধিক জোড় থাকিলে এই আওয়াজ বেশীবার হয়। আবার এই জোড় ভাল না হইলে যতবার ইহা পুলির উপর দিয়া যায়, ততবারই মেসিন কাঁপিয়া ওঠে। ইহার শব্দ অল্প শব্দ হইতে সম্পূর্ণ পৃথক এবং শুনিবামাত্র তাহা বুঝিতে পারা যায়।

প্রতিকার। সাধারণতঃ মিস্ত্রীরা বেল্টিংয়ের একদিকের উপর অত্যধিক চাপান (over-lap) দিয়া সেলাই করিয়া দেয়। ইহাতে তত বেশী শব্দ হয় না। কিন্তু যদি সেলাইয়ের পরিবর্তে লোহার “বেল্ট-ফাসনার” (belt-fastener) দিয়া জোড়া থাকে (২১১নং চিত্র), তবে ঐ জোড় যতবার পুলির উপর দিয়া চলিয়া যাইবে, ততবারই পুলিতে “কটাস্ কটাস্” করিয়া শব্দ হইবে।

যে বেল্টের জোড় নাই—একেবারে মালার মত—সেই বেল্টই সর্বাপেক্ষা ভাল। কিন্তু এমন বেল্ট ফরমাইস দিয়া তৈরী না করাইলে পাওয়া যায় না, আর তাহাও আবার লাইন-শাক্টের মাঝখানে ব্যবহার করা সম্ভব নয়।

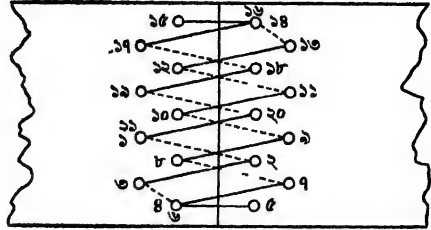


বেল্ট-ফাসনার দিয়া জোড়া বেল্ট
২১১নং চিত্র

তাই জোড় দিয়া বেল্ট তৈরী করাই প্রচলিত নিয়ম। এইভাবে বেল্ট তৈরী করার সময় স্লাইড-রেলের (slide-rails) উপর মেসিনকে ইত্থিন বা লাইন-শাক্টের দিকে যতদূর সম্ভব সরাইয়া দিয়া বেল্টের মাপ লইতে হয়; কেননা নতন বেল্ট চলিতে চলিতে বাড়িয়া যায়। এই বৃদ্ধির পরিমাণ সচরাচর প্রতি মিটার বেল্টিংয়ের জন্ত ১'৫ হইতে ৩ সেন্টিমিটার পর্যন্ত হয়। বেল্টিংয়ে জোড় দিবার সময় উহার মূখ উল্টা দিকে পাতলা করিয়া একটু অপরটির উপর রাখিয়া চামড়ার ফিতা দিয়া সেলাই বা রিভেট (rivet) করা হয়কাল। বেল্টের মূখ এইরূপে পাতলা করিয়া না দিলে চলিবার সময় “ফট” “ফট” আওয়াজ হয়; আর যদি ইহা জেনারেটরের বেল্ট হয় এবং সেই জেনারেটার

হইতে কারেন্ট লইয়া বাতি জালান হয়, তবে বাতির আলো দপ্ দপ্ করিয়া কাপিতে থাকে।

চামড়া দিয়া বেন্টিং সেলাই করিতে হইলে তাহার এক স্থলর উপায় আছে। সে উপায়টি এই:—বেন্টিংয়ের দুই মুখ চোরস করিয়া (square) কাটিয়া “শাক” (punch) দিয়া উহার দুই মুখেই সমানভাবে দুই সারি ছেঁদা কর। বেন্টিংয়ের মুখের কাছের ছেঁদাগুলি ঘন মুখ হইতে অন্ততঃ ২’২৫ সেন্টিমিটার আর ধারের দিকের ছেঁদাগুলি বেন্টিংয়ের পাশ হইতে ২’০ সেন্টিমিটার দূরে থাকে।



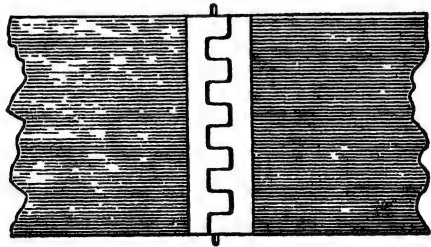
চামড়ার ফিতা দিয়া জোড়া বেন্ট

২১২নং চিত্র

অন্ত সারির ছেঁদাগুলি বেন্টিংয়ের মুখ হইতে ২’৫ সেন্টিমিটার দূরে থাকিবে। অনন্তর একটি চামড়ার ফিতা লইয়া ১নং ছেঁদা হইতে আরম্ভ করিয়া (২১২নং চিত্র দেখ) ২, ৩, ৪ প্রভৃতি নম্বরের ছেঁদা দিয়া পরে পরে গলাইয়া সর্বশেষে পুনরায় ১ নম্বরে আসিয়া শেষ কর। এইরূপে অতি স্থলরভাবে বেন্টিং জুড়িতে পারা যায়। ছোট বেন্টিং হইলে দুই সারির পরিবর্তে এক সারি ছেঁদা করিলেই কাজ চলে। তখন অবশ্য ছেঁদার সংখ্যাও কম হয়। বেন্টের অপর পীঠের সেলাইগুলি চিত্রে ফুটকি ফুটকি লাইন দিয়া দেখানো হইয়াছে।

আজকাল আর একরকম বেন্ট-ফাসনারের খুবই প্রচলন হইয়াছে, যাহাকে “অ্যালিগেটর” (Alligator) বেন্ট-ফাসনার বলে। ইহা চিকণী দাড়ার মত ও খাতুর তৈরী। এই “ফাসনার” দিয়া

বেন্টিং জুড়িতে হইলে বেন্টিংয়ের লম্বাই এতটা রাখিতে হয় যাহাতে উহার দুই প্রান্ত পুলির উপর দিয়া ঘুরিয়া আসিয়া ঠিক মুখোমুখি হইয়া ঠেকিয়া না গিয়া একটু কম থাকে। এইবার বেন্টিংয়ের চওড়া অস্থায়ী বেন্ট-ফাসনার দুই খণ্ডে কাটিয়া লইয়া তাহার হাড়গুলির



অ্যালিগেটর বেন্ট-ফাসনার দিয়া জোড়া বেন্ট

২১৩নং চিত্র

এক প্রান্ত হাতুড়ী দিয়া বেন্টিংয়ের প্রান্তের এক পীঠে ঢুকাইয়া দেওয়া হয়, আর অন্য প্রান্ত অপর পীঠে ঐরূপ ঢুকানো থাকে। তেমনি আবার বেন্টিংয়ের অন্য প্রান্তেও “ফাসনার” ঠুকিয়া দেওয়া হয়। এখন বেন্টিংয়ের ঐ দুই মুখ একসঙ্গে করিয়া দাড়ার খাঁজে খাঁজে দুই প্রান্ত ঢুকাইয়া দিয়া একটা তার পরাইয়া দিলেই বেন্টিং জোড়া জাঙ্গিয়া যায়। বেন্ট-ফাসনারের বাজের ভিতরেই ঐ তার স্বথেষ্ট পরিমাণে থাকে।

ছোট-বড় বেন্টিং হিসাবে এই “ফাস্‌নারের” দাড়ার ফাঁক আর আকার কয়-বেশী হয়।

৩য় কারণ। আর্মেচার ফীল্ড-পোলার গায়ে ঠেকে।

লক্ষণ। ফীল্ড-পোলার কাছে কান লইয়া গেলে আর্মেচার ঠেকার শব্দ শুনিতে পাওয়া যায়; আর্মেচার ও ফীল্ড-পোলার উপরিভাগ স্থানে স্থানে চক্‌চকে; আর্মেচার আস্তে আস্তে ঘুরাইলে যেখানে উহা পোলার গায়ে ঠেকে, সেইখানে বেসিন আঁট হয়। এই দোষ শীঘ্র না সারাই করিলে বসিয়া বসিয়া আর্মেচার-কয়েলের ইন্‌সুলেশন্‌ নষ্ট হইয়া গিয়া কয়েলে সর্ট-সার্কিট উৎপন্ন হইতে পারে।

প্রতিকার। (বেয়ারিং ক্ষয় হইয়া পোলার গায়ে আর্মেচার ঠেকিলে “বেয়ারিং গরম”-এর ৩য় কারণ আর আর্মেচার-শাফ্ট বাকিয়া যাওয়ার দরুন ঐ দোষ হইলে ৫ম কারণ দ্রষ্টব্য।) ফীল্ড-পোলার উপর লোহা বা অগ্নি কিছু উঁচু হইয়া থাকিলে তাহা কাটিয়া ও বসিয়া দিতে হইবে। আর্মেচারের কয়েলগুলি বেশ আঁট করিয়া “ছোট্টা” (strap) দিয়া বাঁধা না থাকিলে ভাল করিয়া বাঁধিয়া দিতে হইবে।

৪র্থ কারণ। আর্মেচার-শাফ্টের কলার বা পুলি শাফ্টের উপর ঢিলা; কিংবা অপর কোন অংশ ঢিলা; অথবা বেয়ারিং-য়ের গায়ে বেন্টিং ঠেকে।

লক্ষণ। বেসিনের কোন অংশ ঢিলা থাকিলে উহা চলিবার সময় এক প্রকার ঝনঝনে আওয়াজ দেয়। বেন্টিং বেয়ারিং-য়ের গায়ে ঠেকিয়া চলিলে ঘষড়ানো আওয়াজ দিবে।

প্রতিকার। বেসিনের প্রত্যেক অংশের কাছে কান লইয়া গিয়া অনেকক্ষণ ধরিয়া শুনিতে হয়—সেই শব্দ এখান হইতেই উঠিতেছে কিনা। যদি শব্দ সেখান হইতে উঠিতেছে বলিয়া মনে হয়, তবে বেসিন বন্ধ করিয়া কোথায় কি ঢিলা আছে তাহা খুঁজিয়া বাহির করিতে হইবে এবং ঢিলা অংশ ভালভাবে আঁট করিয়া দিতে হইবে। বেয়ারিং-য়ের গায়ে বেন্টিং ঠেকিলে সম্ভবতঃ পুলিকে লাইন-শাফ্ট কিংবা অপর বেসিনের পুলির সহিত বরাবর করিয়া লইতে হইবে। বেসিনের এণ্ড-প্লে (end-play) বাহাতে অধিক না হয় সেইজন্য শাফ্টের উপরে ওয়াশার (washer) বা কলার (collar) দিয়া “প্রে” কমাইবার বন্দোবস্ত করিতে হইবে; যদি এণ্ড-প্লে বেশী না থাকে অথচ শাফ্টের কলার প্রভৃতি বেয়ারিংয়ে ঠেকে, তবে সম্ভব হইলে কলার প্রভৃতি একটু বসিয়া দিতে হইবে বাহাতে চলিবার সময় উহা আর বেয়ারিং-য়ের গায়ে না লাগে।

৫ম কারণ। বেসিনের যে যে অংশ ঘোরে, তাহাদের ভার-সাম্যতার অভাব।

লক্ষণ ও প্রতিকার। (“কম্পটেটারে আশুন দেওয়া”র ৮ম কারণ দ্রষ্টব্য।)

৬ষ্ঠ কারণ। বেন্টিং পুলির উপর পিছলাইয়া যায়।

লক্ষণ ও প্রতিকার। সম্ভবতঃ বেন্টিং ঢিলা অথবা বেসিনের লোড বেশী হইয়াছে। স্লাইড-রেল দিয়া বেসিন একটু সরাইয়া দিলে ঢিলা বেন্টিং আঁট হইবে; আর লোড বেশী হইলে লোড কমানোই উহার একমাত্র প্রতিকার। বেন্টিং পিছলাইয়া গেলে রজন-গুঁড়া করিয়া বেন্ট ও পুলির যাক্সানে ফেলিয়া দিলে বেন্ট

গুলির উপর কামড়াইয়া ধরিবে। বেন্টের উপর রজন দেওয়ার প্রথা খুব প্রচলিত আছে, কিন্তু উহা স্বাভাবিক না দেওয়াই ভাল। সৰু বেন্ট পয়ানো থাকিলে মেনিন লোডসহ চলিবার সময় উহা পিছলাইতে থাকে। অপেক্ষাকৃত বেশী চওড়া বেন্টই তখন উহার একমাত্র প্রতিকার। জেনারেটর আর মোটর চলিবার সময় একরূপ “কৌ” করিয়া আওয়াজ হয়, ইহা দোষের নহে। যে-সকল আর্মচার-কোরে খাঁজ কাটা (slotted armature-core) থাকে, তাহারা চলিলেই অল্প মেনিন অপেক্ষা বেশী আওয়াজ হয়। আওয়াজ প্রতিকারের যোগ্য মনে হইলে ফীল্ড-পোলের কোণগুলি ঘষিয়া, আর সম্ভব হইলে ফীল্ডের জোর কিছু কমাইয়া, আওয়াজ দেওয়া বন্ধ থাকে কিনা তাহা দেখিতে হইবে।

পরিশিষ্ট

INDIAN ELECTRICITY RULES, 1956.

CHAPTER IV

ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন, ১৯৫৬

চতুর্থ পান্ডিচ্ছেদ

GENERAL SAFETY PRECAUTIONS

নিরাপত্তা সম্পর্কে সাধারণ সতর্কতা

29. Construction, installation, protection, operation and maintenance of electric supply lines and apparatus.—(1) All electric supply lines and apparatus shall be sufficient in power and size and of sufficient mechanical strength for the work they may be required to do, and, shall be constructed, installed, protected, worked and maintained in such a manner as to prevent danger.

(2) Save as otherwise provided in these Rules, the relevant Code of Practice of the Indian Standards Institution, if any, may be followed to carry out the purposes of this rule and in the event of any inconsistency, the provisions of these rules shall prevail.

২৯। বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন ও যন্ত্রপাতির নির্মাণ, স্থাপন, সংরক্ষণ, পরিচালন ও রক্ষণ।—(১) যে কাজের জন্য ব্যবহার করা হইবে, সেই কাজের পক্ষে প্রত্যেকটি বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন ও যন্ত্রপাতি আকারে, শক্তিতে ও যান্ত্রিক বলে পর্যাপ্ত হওয়া দরকার, এবং উহাদের এমনভাবে নির্মাণ, স্থাপন, সংরক্ষণ, পরিচালন ও রক্ষণ করিতে হইবে যাহাতে বিপদ নিবারিত হয়।

(২) যদি না ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনে অন্য প্রকার শর্ত আরোপ করা থাকে, তবে এই আইনের বিধানগুলি পালন করিবার সময় ভারতীয় মানক সংস্থার নিয়মাবলীতে এই প্রসঙ্গে কোন প্রচলিত রীতি থাকিলে তাহা অনুসরণ করা চলিতে পারে, এবং সেক্ষেত্রে কোন বিরুদ্ধ যত দেখা দিলে ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের নিয়মাবলীই মানিয়া লইতে হইবে।

30. Service lines and apparatus on consumer's premises.—

(1) The supplier shall ensure that all electric supply lines, wires, fittings, and apparatus belonging to him or under his control, which are on a consumer's premises, are in a safe condition and

in all respects fit for supplying energy and the supplier shall take due precautions to avoid danger arising on such premises from such supply lines, wires, fittings and apparatus.

(2) Service lines placed by the supplier on the premises of a consumer which are underground or which are accessible shall be so insulated and protected by the supplier as to be secured under all ordinary conditions against electrical, mechanical, chemical or other injury to the insulation.

(3) The consumer shall, as far as circumstances permit, take precautions for the safe custody of the equipment on his premises belonging to the supplier.

(4) The consumer shall also ensure that the installation under his control is maintained in a safe condition

৩০। গ্রাহকের বাড়ী ও তৎসংলগ্ন জমিতে স্থাপিত সরবরাহ লাইন ও যন্ত্রপাতি।—(১) সরবরাহকারীকে এমন নিশ্চয়তা দিতে হইবে যে, গ্রাহকের বাড়ীতে তাহার মালিকানায় বা আয়ত্তাধীনে স্থাপিত সমস্ত বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন, তার, সরঞ্জাম ও যন্ত্রপাতি নিরাপদ অবস্থায় আছে এবং ঐগুলি বিদ্যুৎ সরবরাহের পক্ষে উপযুক্ত এবং এই সকল সরবরাহ লাইন, তার, সরঞ্জাম ও যন্ত্রপাতি হইতে গ্রাহকের বাড়ীতে কোন সম্ভাব্য বিপদ বাহাতে না দেখা দেয়, সেই বিষয়ে সরবরাহকারীকে প্রয়োজনীয় সাবধানতা অবলম্বন করিতে হইবে।

(২) সরবরাহকারী কর্তৃক গ্রাহকের বাড়ীতে ভূগর্ভে কিংবা নাগালের মধ্যে যে-সকল সরবরাহ লাইন স্থাপিত হইবে, সেই সকল লাইন সরবরাহকারী কর্তৃক এমনভাবে অন্তরিত (insulated) ও সংরক্ষিত থাকিবে যাহাতে লাইনের অন্তরণ (insulation) সকল প্রকার সাধারণ অবস্থায় বৈদ্যুতিক, যান্ত্রিক, রাসায়নিক বা অন্ত কতি হইতে নিরাপদ থাকে।

(৩) পারিপার্শ্বিক অবস্থা অনুসারে যতটা সম্ভব গ্রাহককে তাহার বাড়ীতে সরবরাহকারীর মালিকানায় স্থাপিত যন্ত্রপাতির নিরাপদ রক্ষণাবেক্ষণের জন্য সতর্কতা অবলম্বন করিতে হইবে।

(৪) গ্রাহককে তাহার আয়ত্তাধীনে রাখা যন্ত্রপাতির নিরাপত্তা সম্পর্কেও নিশ্চয়তা দিতে হইবে।

31. Cut-out on consumer's premises.—(1) The supplier shall provide a suitable cut-out in each conductor of every service line other than an earthed or earthed neutral conductor or the earthed external conductor of a concentric cable within a consumer's

premises, in an accessible position. Such cut-out shall be contained within an adequately enclosed fire-proof receptacle.

(2) Where more than one consumer is supplied through a common service line, each such consumer shall be provided with an independent cut-out at the point of junction to the common service.

(3) Nothing contained in sub-rule (1) shall be deemed to require the supplier to provide in an accessible position any conductor or apparatus intended for use at high or extra-high voltage as are referred to in clause (a) of sub-rule (1) and clause (a) of sub-rule (2) of rule 64

(4) The owner of every electric supply line, other than the earthed or earthed neutral conductor of any system, or the earthed external conductor of a concentric cable, shall protect it by a suitable cut-out.

৩১। গ্রাহকের বাড়ীতে ব্যবহৃত কাট-আউট বা ছেদক।—(১) সরবরাহকারীকে গ্রাহকের বাড়ীতে মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহী অথবা মাটির সহিত যুক্ত নিউট্রাল পরিবাহী অথবা মাটির সহিত যুক্ত এককেন্দ্রীয় কেবলের বাহিরের পরিবাহী ব্যতীত প্রত্যেকটি সরবরাহ লাইনের প্রতিটি পরিবাহীতে একটি করিয়া উপযুক্ত কাট-আউট বা ছেদকের ব্যবস্থা নাগালের মধ্যে কবিতো হইবে। এইরূপ কাট-আউট পর্যাপ্ত পরিমাণে আচ্ছাদিত অদ্বন্দ্ব পাতে রাখা থাকিবে।

(২) যেখানে একটি সাধারণ সরবরাহ লাইন হইতে একাধিক গ্রাহককে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয়, সেখানে এইরূপ প্রত্যেক গ্রাহকের জন্য সাধারণ সরবরাহ লাইনের সংযোগস্থলে আলাদাভাবে একটি করিয়া কাট-আউটের বন্দোবস্ত করিতে হইবে।

(৩) ৬৪নং নিয়মের ১নং উপনিয়মের (ক) ধারায় এবং ২নং উপনিয়মের (ক) ধারায় উচ্চ এবং অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপে ব্যবহারের নিমিত্ত কোন পরিবাহী বা যন্ত্রপাতিতে যে অবস্থায় রাখার কথা উল্লেখ করা হইয়াছে, সেই অবস্থায় না রাখিয়া সরবরাহকারী কর্তৃক উহাদের নাগালের মধ্যে রাখা প্রয়োজন—এমন কোন শর্ত ১নং উপনিয়মের অন্তর্ভুক্ত হইয়াছে বলিয়া মনে করা হইবে না।

(৪) যে-কোন বৈদ্যুতিক ব্যবহার মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহী কিংবা মাটির সহিত যুক্ত নিউট্রাল পরিবাহী, অথবা এককেন্দ্রীয় কেবলের বাহিরের পরিবাহী ব্যতীত প্রতিটি সরবরাহ লাইনের মালিককে একটি উপযুক্ত কাট-আউট দ্বারা ঐ লাইন রক্ষা করিতে হইবে।

32. Identification of earthed and earthed neutral conductors and position of switches and cut-outs therein.—Where the conductors include an earthed conductor of a two-

wire system or an earthed neutral conductor of a multi-wire system or a conductor which is to be connected thereto, the following conditions shall be complied with :

(1) An indication of a permanent nature shall be provided by the owner of the earthed or earthed neutral conductor, or the conductor which is to be connected thereto, to enable such conductor to be distinguished from any live conductor. Such indication shall be provided—

(a) where the earthed or earthed neutral conductor is the property of the supplier, at or near the point of commencement of supply ;

(b) where a conductor forming part of a consumer's system is to be connected to the supplier's earthed or earthed neutral conductor, at the point where such connection is to be made ;

(c) in all other cases, at a point corresponding to the point of commencement of supply or at such other point as may be approved by an Inspector or any officer appointed to assist the Inspector and holding Gazetted rank.

(2) No cut-out, link or switch other than a linked switch arranged to operate simultaneously on the earthed or earthed neutral conductor and live conductors shall be inserted or remain inserted in any earthed neutral conductor of a two-wire system or in any earthed or earthed neutral conductor of a multi-wire system or in any conductor connected thereto with the following exceptions :

(a) a link for testing purposes, or

(b) a switch for use in controlling a generator or transformer.

Note : For the purposes of this rule, the relevant Indian Standard relating to marking and arrangement for switch gear, bus-bar, main connections and auxiliary wiring may be referred to.

৩২। মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহী এবং মাটির সহিত যুক্ত নিউট্রাল পরিবাহী সনাক্তকরণ এবং ঐ সকল পরিবাহীতে স্লিচ ও কাট-আউটের অবস্থান।—যেখানে দুই-তার বিশিষ্ট বিদ্যুৎ পরিবহণ ব্যবস্থায় দুইটি তারের মধ্যে একটি তার মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহী হয় অথবা বহু-তার বিশিষ্ট পরিবহণ ব্যবস্থায় একটি তার মাটির সহিত যুক্ত নিউট্রাল পরিবাহী হয় অথবা এমন একটি পরিবাহী

থাকে বাহা এইগুলির সহিত যুক্ত করিতে হয়, সেখানে নিম্নলিখিত শর্তসমূহ মানিয়া চলিতে হইবে :

(১) মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহী অথবা মাটির সহিত যুক্ত নিউট্রাল পরিবাহী অথবা এইগুলির সহিত যুক্ত করিতে হইবে এমন পরিবাহীর মালিককে হারী ধরনের একটি চিহ্নের ব্যবস্থা করিতে হইবে বাহাতে এইরূপ পরিবাহীকে বিদ্যুৎবাহী পরিবাহী (live conductor) হইতে পৃথক করা যায়। এইরূপ চিহ্নের ব্যবস্থা করিতে হইবে—

(ক) যেখানে মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহী অথবা মাটির সহিত যুক্ত নিউট্রাল পরিবাহী সরবরাহকারীর সম্পত্তি, সেখানে সরবরাহ-সূচনা বিন্দুতে অথবা তাহার কাছাকাছি ;

(খ) যেখানে গ্রাহকের অংশের অঙ্গীভূত কোনও পরিবাহীকে সরবরাহকারীর মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহী অথবা মাটির সহিত যুক্ত নিউট্রাল পরিবাহীর সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে, সেখানে যে-স্থলে সংযোগ করা হইবে সেই বিন্দুতে ;

(গ) অল্প সকল ক্ষেত্রে, সরবরাহ-সূচনা বিন্দুর অনুরূপ বিন্দুতে অথবা অল্প এমন কোন বিন্দুতে বাহা পরিদর্শক কিংবা পরিদর্শককে সহায়তা করার জন্য নিযুক্ত এবং গেজেটেড পদমর্যাদা সম্পন্ন কোন কর্মচারী কর্তৃক অনুমোদিত।

(২) নিম্নলিখিত ব্যতিক্রমগুলি ছাড়া কোন কাট-আউট, সংযোজক (link) অথবা মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহী বা মাটির সহিত যুক্ত নিউট্রাল পরিবাহী ও বিদ্যুৎবাহী তারের মধ্যে যুগপৎ পরিচালনা করা যায় এইরূপ ব্যবস্থা সমন্বিত সংযোজক-যুক্ত সুইচ বাদে কোন সুইচ দুই-তার বিশিষ্ট পরিবহন ব্যবস্থার মাটির সহিত যুক্ত কোনও নিউট্রাল পরিবাহীর মধ্যে, অথবা বহু-তার বিশিষ্ট পরিবহন ব্যবস্থার মাটির সহিত যুক্ত কোনও পরিবাহী কিংবা মাটির সহিত যুক্ত কোনও নিউট্রাল পরিবাহীর মধ্যে, অথবা এইগুলির সহিত যুক্ত কোনও পরিবাহীর মধ্যে প্রবিষ্ট হইবে না বা প্রবিষ্ট অবস্থায় থাকিবে না। ব্যতিক্রমগুলি হইতেছে :—

(ক) পরীক্ষা করার উদ্দেশ্যে ব্যবহৃত সংযোজক (link), অথবা

(খ) কোন জেনারেটর কিংবা ট্রান্সফরমার নিয়ন্ত্রণের জন্য ব্যবহৃত সুইচ।

সংক্ষিপ্ত মন্তব্য : এই নিয়মের বিধানগুলি পালন করিবার জন্য সুইচ গীয়ার, বাস-বার সরবরাহ লাইনের সংযোগ এবং সহায়ক ওয়্যারিং ব্যবস্থার চিহ্নিতকরণ ও বন্দোবস্ত সম্বন্ধে ভারতীয় মানক সংস্থা যে প্রাসঙ্গিক নির্দেশাবলী আজে, তাহাদের উল্লেখ করা বাইতে পারে।

33. Earthed terminal on consumer's premises.—(1) The supplier shall provide and maintain on the consumer's premises for the consumer's use a suitable earthed terminal in an accessible position at or near the point of commencement of supply as defined under rule 58 :

Provided that in the case of medium, high or extra-high voltage installation, the consumer shall, in addition to the aforementioned earthing arrangement, provide his own earthing system with an independent electrode :

Provided further that the supplier may not provide any earthed terminal in the case of installations already connected to his system on or before the date to be specified by the State Government in this behalf if he is satisfied that the consumer's earthing arrangement is efficient.

(2) The consumer shall take all reasonable precautions to prevent mechanical damage to the earthed terminal and its lead belonging to the supplier.

(3) The supplier may recover from the consumer the cost of installation of such earthed terminal on the basis laid down in sub-rule (2) of rule 82.

৩৩। গ্রাহকের বাড়ীতে স্থাপিত মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহীর প্রাপ্ত।—(১) ৫৮নং নিয়মে যে রূপ বর্ণনা দেওয়া আছে, সেইভাবে সরবরাহকারীকে গ্রাহকের বাড়ীতে গ্রাহকের ব্যবহারের জন্য সরবরাহ-স্থান বিন্দুতে বা তাহার নিকটে নাগাল পাওয়া যায় এমন জায়গায় একটি উপযুক্ত মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহীর প্রাপ্তের ব্যবস্থা এবং রক্ষণ করিতে হইবে :

অবশ্য এই শর্তে যে, মাঝারি, উচ্চ বা অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপের স্থাপনার ক্ষেত্রে গ্রাহক মাটির সহিত পূর্বোল্লিখিত সংযোগের বন্দোবস্ত ছাড়াও আলাদা একটি তড়িৎ-ঘারের সাহায্যে মাটির সহিত তাহার নিজস্ব একটি সংযোগের ব্যবস্থা করিবেন :

আরও এই শর্তে যে, সরবরাহকারী যদি সন্তুষ্ট হইয়া থাকেন যে গ্রাহকের আর্থিং বন্দোবস্ত যথেষ্ট কার্যকর, তবে তাহার সরবরাহ ব্যবস্থার সহিত রাজ্য সরকার কর্তৃক এই বিষয়ে নির্দিষ্ট করা দিনে অথবা তাহার পূর্বেই যুক্ত স্থাপনাসমূহের ক্ষেত্রে তিনি মাটির সহিত যুক্ত কোন পরিবাহীর প্রাপ্তের ব্যবস্থা নাও করিতে পারেন।

(২) সরবরাহকারীর মালিকানাধীন মাটির সহিত যুক্ত পরিবাহী এবং উহার তারের ঘাহাতে কোন যান্ত্রিক ক্ষতি না হয়, সেইজন্য গ্রাহককে যুক্তিসঙ্গত সকল প্রকার সতর্কতা অবলম্বন করিতে হইবে।

(৩) ৮২নং নিয়মের ২নং উপনিয়মে যে রূপ নির্দেশ দেওয়া আছে, তাহার ভিত্তিতে সরবরাহকারী গ্রাহকের নিকট হইতে মাটির সহিত যুক্ত এইরূপ পরিবাহীর প্রাপ্ত স্থাপনের খরচ আদায় করিতে পারেন।

34. Accessibility of bare conductors.—Where bare conductors are used in a building, the owner of such conductors shall—

- (a) ensure that they are inaccessible ;
- (b) provide in readily accessible position switches for rendering them dead whenever necessary ; and
- (c) take such other safety measures as are considered necessary by the Inspector.

৩৪। খোলা অবস্থায় রাখা পরিবাহীসমূহের নাগাল পাওয়া।—
যেখানে খোলা অবস্থায় রাখা পরিবাহীসমূহ কোন ঘরের ভিতর ব্যবহার করা হয়,
সেখানে পরিবাহীসমূহের মালিককে—

- (ক) এইরূপ নিশ্চয়তা দিতে হইবে যাহাতে তাহারা নাগালের বাহিরে থাকে ;
- (খ) প্রয়োজনমত তাহাদিগকে নিষ্কিয় করার জন্য সহজে নাগাল পাওয়া যায় এমন জায়গায় সুইচের ব্যবস্থা করিতে হইবে, এবং
- (গ) পরিদর্শক দরকার বলিয়া মনে করেন এইরূপ অন্যান্য নিরাপত্তা ব্যবস্থাসমূহ গ্রহণ করিতে হইবে।

35. Caution Notices.—The owner of every medium, high and extra-high voltage installation shall affix permanently in a conspicuous position a caution notice in Hindi and the local language of the district, and of a type approved by the Inspector on—

- (a) every motor, generator, transformer and other electrical plant and equipment together with apparatus used for controlling or regulating the same ;
- (b) all supports of high and extra-high voltage overhead lines ;
- (c) luminous tube sign requiring high voltage supply, X-ray and similar high-frequency installations :

Provided that where it is not possible to affix such notices on any generator, motor, transformer or other apparatus, they shall be affixed as near as possible thereto :

Provided further that where the generator, motor, transformer or other apparatus is within an enclosure, one notice affixed to the said enclosure shall be sufficient for the purpose of this rule.

৩৫। সতর্কতার বিজ্ঞপ্তি।—প্রতিটি মাঝারি, উচ্চ এবং অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপের স্থাপনার মালিককে স্থায়ীভাবে কোন দৃষ্টি-আকর্ষক স্থানে হিন্দি ও জেলার স্থানীয় ভাষায় এবং পরিদর্শক কর্তৃক অনুমোদিত বিশেষ ধরনের একটি সতর্কতার বিজ্ঞপ্তি লাগাইতে হইবে। এই বিজ্ঞপ্তি লাগাইতে হইবে—

(ক) পরিচালন অথবা নিয়ন্ত্রণ করার যন্ত্রপাতি সমেত প্রতিটি মোটর, জেনারেটর, ট্রান্সফরমার এবং অন্যান্য বৈদ্যুতিক যন্ত্র ও সরঞ্জামের উপর ;

(খ) খোলা জায়গায় উচ্চ এবং অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপের মাথার উপরের লাইনে ব্যবহৃত সমস্ত অবলম্বনের উপর ;

(গ) উচ্চ তড়িৎ-চাপে সরবরাহ প্রয়োজন হয় বিজ্ঞাপনের জন্য ব্যবহৃত এইরূপ উচ্চ বৈদ্যুতিক আলোর নিদর্শন, রঙন-রশ্মি এবং অনুরূপ উচ্চ বৈদ্যুতিক স্পন্দনে (frequency) পরিচালিত যন্ত্রপাতির উপর :

এই শর্তে যে, যেখানে এই সকল বিজ্ঞপ্তি কোনও জেনারেটর, মোটর, ট্রান্সফরমার বা অন্যান্য যন্ত্রপাতির ঠিক উপরে লাগানো সম্ভব নহে, সেখানে তাহাদের যত কাছাকাছি সম্ভব লাগাইতে হইবে :

আরও এই শর্তে যে, যেখানে জেনারেটর, মোটর, ট্রান্সফরমার বা অন্যান্য যন্ত্রপাতি কোনও বেড়া দিয়া ঘেরা জায়গায় অবস্থিত, সেখানে বেড়ার গায়ে একটি বিজ্ঞপ্তি আঁটিয়া দিলেই তাহা এই নিয়মের বিধানের পক্ষে যথেষ্ট হইবে।

36. Handling of electric supply lines and apparatus.—

(1) Before any conductor or apparatus is handled, adequate precautions shall be taken by earthing or other suitable means to discharge electrically such conductor or apparatus, and any adjacent conductor or apparatus if there is danger therefrom, and to prevent any conductor or apparatus from being accidentally or inadvertently electrically charged when persons are working thereon :

Provided that this sub-rule shall not apply to the cleaning of commutators and slip-rings working at low or medium voltage.

(2) No person shall work on any live electric supply line or apparatus and no person shall assist such person on such work, unless he is authorised in that behalf and takes the safety measures approved by the Inspector.

(3) Every telecommunication line on supports carrying a high or extra-high voltage line shall, for the purpose of working thereon, be deemed to be a high voltage line.

৩৬। বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন ও যন্ত্রপাতিতে হাত দেওয়া।—

(১) কোন পরিবাহী বা যন্ত্রপাতি হস্ত দ্বারা স্পর্শ করিবার পূর্বে মাটির সহিত যুক্ত করিয়া বা অন্য কোন উপযুক্ত উপায়ে ঐ পরিবাহী বা যন্ত্রপাতি, এবং বাহা হইতে বিপদ ঘটতে পারে নিকটে অবস্থিত এইরূপ কোন পরিবাহী বা যন্ত্রপাতি, বাহাতে বিদ্যুৎ-প্রবাহমুক্ত হয়, এবং যখন লোকজন উহাতে কর্মরত অবস্থায় থাকে, তখন অকস্মাৎ কিংবা

অসাবধানতাবশত: কোন পরিবাহী বা যন্ত্রপাতি দ্বারা বিদ্যুৎ বাহাতে প্রবাহিত হইতে না পারে, সেইজন্য পর্যাপ্ত সাবধানতা অবলম্বন করিতে হইবে :

এই শর্তে যে, নিম্ন বা মাঝারি তড়িৎ-চাপে পরিচালিত কম্বাটেন্টার ও স্লিপ-রিং পরিষ্কার করিবার সময় এই উপনিয়ম প্রযোজ্য হইবে না ।

(২) কোন ব্যক্তি কোন বিদ্যুৎবাহী সরবরাহ লাইনে বা যন্ত্রপাতিতে সেই বিষয়ে অধিকারপ্রাপ্ত না হইলে এবং পরিদর্শক কর্তৃক অস্বাভাবিক নিরাপত্তা ব্যবস্থাসমূহ অবলম্বন না করিলে কাজ করিতে পারিবে না, এবং এইরূপ ব্যক্তিকে এই ধরনের কাজে কেহ সহায়তা করিতে পারিবে না ।

(৩) উচ্চ বা অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপ বিশিষ্ট লাইনের অবলম্বনের উপর স্থাপিত প্রত্যেক টেলিফোনিকেশন লাইনে কাজ করার সময় ঐ লাইনকে উচ্চ তড়িৎ-চাপের লাইন বলিয়া মনে করিতে হইবে ।

37. Supply to vehicles, cranes, etc.—Every person owning a vehicle, travelling crane or the like to which energy is supplied from an external source shall ensure that it is efficiently controlled by a suitable switch enabling all voltage to be cut off in one operation and where such vehicle, travelling crane or the like runs on metal rails, the owner shall ensure that the rails are electrically continuous and earthed.

৩৭। যানবাহন, ক্রেন প্রভৃতিতে সরবরাহ দেওয়া।—বাহির হইতে যে-সকল যানবাহন, চলন্ত ক্রেন বা অন্তরূপ কিছুতে বিদ্যুৎ সরবরাহ দেওয়া হয়, তাহাদের মালিককে এমন নিশ্চয়তা দিতে হইবে যে, যন্ত্রটি একটি উপযুক্ত স্নইচের দ্বারা ভালভাবে নিয়ন্ত্রিত এবং স্নইচটি একবার চালনা করিয়াই সকল প্রকার তড়িৎ-চাপের সংস্পর্শ হইতে উহাকে বিচ্ছিন্ন করা যাইতে পারে, এবং যেখানে এইরূপ যানবাহন, চলন্ত ক্রেন বা অন্তরূপ কিছু ধাতুনির্মিত রেলের উপর দিয়া চলে, সেখানে মালিককে দেখিতে হইবে রেলগুলি যেন তড়িৎ-প্রবাহের পক্ষে নিরবচ্ছিন্ন হয় এবং যন্ত্রটির সহিত যুক্ত থাকে ।

38. Cables for portable or transportable apparatus.—
(1) Flexible cables shall not be used for portable or transportable motors, generators, transformers, rectifiers, electric drills, electric sprayers, welding sets or any other portable or transportable apparatus unless they are heavily insulated and adequately protected from mechanical injury.

(2) Where the protection is by means of metallic covering, the covering shall be in metallic connection with the frame of any such apparatus and earth.

৩৮। বহন বা পরিবহনযোগ্য যন্ত্রপাতির জন্য ব্যবহৃত কেব্ল।—

(১) যদি নমনীয় কেব্ল (flexible cables) খুব মোটা। অশ্লিষাবাহী বস্তুর দ্বারা অন্তরিত এবং যান্ত্রিক ক্ষতি হইতে যথেষ্ট সংরক্ষিত না হয়, তবে বহন বা পরিবহনযোগ্য মোটর, জেনারেটর, ট্রান্সফরমার, বেক্টিফায়ার, বৈদ্যুতিক ড্রিল, বৈদ্যুতিক স্প্রেয়ার, ওয়েলডিং সেট বা অন্য কোনও বহন বা পরিবহনযোগ্য যন্ত্রপাতির জন্য তাহাদের ব্যবহার করা চলিবে না।

(২) যেখানে ধাতব আচ্ছাদনের দ্বারা কেব্লের সংরক্ষণ ব্যবস্থা করা হয়, সেখানে এইরূপ যন্ত্রপাতির কাঠামো এবং মাটির সহিত কেব্লের আচ্ছাদনের ধাতব সংযোগ থাকিবে।

39. Cables protected by bituminous materials.—

(a) Where the supplier or the owner has brought into use an electric supply line (other than an overhead line) which is not completely enclosed in a continuous metallic covering connected with earth and is insulated or protected *in situ* by composition or material of a bituminous character—

(i) any pipe, conduit or the like into which such electric supply line may have been drawn or placed shall, unless other arrangements are approved by the Inspector in any particular case, be effectively sealed at its point of entry into any street box so as to prevent any flow of gas to or from the street box; and

(ii) such electric supply line shall be periodically inspected and tested where accessible, and the result of each such inspection and test shall be duly recorded by the supplier or the owner.

(b) It shall not be permissible for the supplier or the owner after the coming into force of these rules, to bring into use any further electric supply line as aforesaid which is insulated or protected *in situ* by any composition or material known to be liable to produce noxious or explosive gases on excessive heating.

৩৯। বিটুমিন জাতীয় (Bituminous) পদার্থসমূহের দ্বারা সংরক্ষিত কেব্ল।—(ক) যেখানে সরবরাহকারী বা মালিক ব্যবহারের নিমিত্ত (খোলা জারপায় মাথার উপরে লাইন বাদে) এমন কোন বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন টানিয়াছে যাহা মাটির সহিত যুক্ত নিরবচ্ছিন্ন ধাতব আচ্ছাদনে সম্পূর্ণ পরিবৃত্ত নহে এবং অন্তরিত (insulated) অথবা যথাস্থানে মিশ্রিত বা বিটুমিন জাতীয় পদার্থের দ্বারা সংরক্ষিত, দেখানে—

(১০) যদি কোনও বিশেষ ক্ষেত্রে অন্তরকম বন্দোবস্ত পরিদর্শক কর্তৃক অনুমোদিত না হয়, তবে যে-কোন পাইপ, কণ্ডুইট বা এই জাতীয় কিছুতে পূর্বোক্ত

সরবরাহ লাইন টানা হইলে বা স্থাপিত হইলে রাস্তার বাহ্যে বাহাতে গ্যাস না ঢোকে বা বাহ্য হইতে বাহাতে গ্যাস না বাহির হয় সেইজন্য ঐ সকল পাইপ ইত্যাদি যে বিদ্যুতে রাস্তার বাহ্যে ঢুকিবে, সেখানে তাহাদের কার্যকরভাবে বন্ধ করিয়া দিতে হইবে; এবং

(৮) এইরূপ বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইনকে যেখানে নাগালের মধ্যে পাওয়া যায়, সেখানে নিয়মিত সময়ের ব্যবধানে পরিদর্শন ও পরীক্ষা করিতে হইবে, এবং এইরূপ পরিদর্শন ও পরীক্ষার ফলাফল সরবরাহকারী অথবা মালিক কর্তৃক উপযুক্তরূপে লিপিবদ্ধ থাকিবে।

(খ) এই নিয়মাবলী কার্যকর হইবার পর সরবরাহকারী বা মালিক যদি পূর্বোল্লিখিত লাইনের অহরূপ অন্তর্গত অথবা যথাস্থানে মিশ্রিত বা অতিরিক্ত উত্তাপের ফলে জ্বাতিসারে ক্ষতিকর বা বিস্ফোরণের সম্ভাবনা আছে এমন বস্তুর দ্বারা সংরক্ষিত কোন বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন ব্যবহারের নিমিত্ত বসায়, তবে সেই কাজ তাহার পক্ষে অসম্ভব-বহির্ভূত হইবে।

40. Street boxes.—(1) Street boxes shall not contain gas pipes and precautions shall be taken to prevent, as far as reasonably possible, any influx of water or gas.

(2) Where electric supply lines forming part of different systems pass through the same street box, they shall be readily distinguishable from one another and all electric supply lines at high or extra-high voltage in street boxes shall be adequately supported and protected so as to prevent risk of damage to or danger from adjacent electric supply lines.

(3) All street boxes shall be regularly inspected for the purpose of detecting the presence of gas and if any influx or accumulation is discovered, the owner shall give immediate notice to any authority or company who have gas mains in the neighbourhood of the street box and in cases where a street box is large enough to admit the entrance of a person after the electric supply lines or apparatus therein have been placed in position, ample provision shall be made—

(a) to ensure that any gas which may be accident have obtained access to the box shall escape before a person is allowed to enter, and

(b) for the prevention of danger from sparking.

(4) The owners of all street boxes or pillars containing circuits or apparatus shall ensure that their covers and doors are

so provided that they can be opened only by means of a key or a special appliance.

৪০। রাস্তার বাস্ক।—(১) রাস্তার বাস্কগুলির মধ্যে গ্যাসের পাইপ থাকিবে না, এবং ঐগুলির মধ্যে বড়টা সম্ভব জল বা গ্যাস ঢোকা বন্ধ করার জন্য সতর্কতা অবলম্বন করিতে হইবে।

(২) যেখানে বিভিন্ন ব্যবহার বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন একই বাস্কের মধ্যে দিয়া যায়, সেখানে তাহাদের বাহাতে সহজেই পরস্পর হইতে আলাদা করিয়া চিনিতে পারা যায় তাহা করিতে হইবে, এবং বাহাতে নিকটবর্তী সরবরাহ লাইনের ক্ষতি বা ঐ লাইন হইতে বিপদ ঘটায় ঝুঁকি না থাকে, সেইজন্য রাস্তার বাস্কের মধ্যে উচ্চ বা অতি-উচ্চ বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইনগুলিকে যথেষ্ট অবলম্বন দিতে হইবে এবং সংরক্ষিত করিতে হইবে।

(৩) ভিতরে গ্যাস আছে কিনা তাহা দেখার জন্য রাস্তার বাস্কগুলি নিয়মিত পরিদর্শন করিতে হইবে এবং যদি ঐগুলিতে কোনও গ্যাসের অস্বাভাবিক বা সঙ্কট দেখা যায়, তবে মালিক অবিলম্বে রাস্তার বাস্কের কাছাকাছি যে কর্তৃপক্ষ বা কোম্পানীর গ্যাসের মেইন আছে তাহাদের নোটিস দিবেন, এবং যে-সকল ক্ষেত্রে রাস্তার বাস্কটি এত বড় যে, বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন বা যন্ত্রপাতি যথাস্থানে বসাইবার পরেও একজন লোক উহার মধ্যে প্রবেশ করিতে পারে, সেই সকল ক্ষেত্রে এমন পর্যাপ্ত ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে—

(ক) বাহাতে লোকটি প্রবেশের অস্বাভাবিকতা পাওয়ার আগেই আকস্মিকভাবে যে গ্যাস বাস্ক ঢুকিয়াছে তাহা বাহির হইয়া যাইতে পারে, এবং

(খ) বাহাতে ক্ষুণ্ণ হইতে বিপদ রোধ করা যাইতে পারে।

(৪) যে-সকল রাস্তার বাস্ক বা পিল্যারে তড়িৎ-বর্তনী বা যন্ত্রপাতি আছে, তাহাদের মালিকগণকে এমন নিশ্চয়তা দিতে হইবে বাহাতে ঐগুলির আচ্ছাদন ও দরজা কেবলমাত্র চাবি বা বিশেষ যন্ত্রের সাহায্যে খোলা যায়।

41. Distinction of circuits of different voltages.—The owner of every generating station, sub-station, junction-box or pillar in which there are any circuits or apparatus, intended for operation at different voltages, shall ensure by means of indication of a permanent nature that the respective circuits are readily distinguishable from one another.

৪১। বিভিন্ন ভোল্টেজ-চাপের বর্তনীর আভ্যন্তরীণ।—বিভিন্ন ভোল্টেজ-চাপে পরিচালনার নিমিত্ত বর্তনী বা যন্ত্রপাতি রহিয়াছে এমন প্রতিটি বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র, শাখা-কেন্দ্র, সংযোগ-বাস্ক বা পিল্যারের মালিককে স্থায়ী কোনরকম শিখার দ্বারা এমন নিশ্চয়তা দিতে হইবে বাহাতে ঐ-ই ভোল্টেজ-চাপের বর্তনীগুলি পরস্পর হইতে আলাদা করিয়া চিনিতে পারা যায়।

42. Accident charge—The owners of all circuits and apparatus shall so arrange them that there shall be no danger of any part thereof becoming accidentally charged to any voltage beyond the limits of voltage for which they are intended.

Where A. C. and D. C. circuits are installed on the same support, they shall be so arranged and protected that they shall not come into contact with each other when live.

৪২। আকস্মিক বিদ্যুৎ-প্রবাহের সঞ্চারণ।—সমস্ত বর্তনী ও যন্ত্রপাতির মালিকগণকে ঐগুলি এমনভাবে রাখিতে হইবে যাহাতে উহাদের কোন অংশ অভীষ্ট তড়িৎ-চাপের নীচা ছাড়াইয়া অকস্মাৎ অতিরিক্ত তড়িৎ-চাপের দ্বারা সঞ্চারিত না হয়।

যেখানে একই অবলম্বনের উপর এ. সি. ও ডি. সি. বর্তনীসমূহ স্থাপিত হইয়াছে, সেখানে উহাদের এমনভাবে রাখিতে ও সংরক্ষিত করিতে হইবে যাহাতে উহার সক্রিয় অবস্থায় কখনও পরস্পরের সংস্পর্শে না আসে।

43. Provisions applicable to protective equipment.—(1) Fire buckets filled with clean dry sand and ready for immediate use for extinguishing fires, in addition to fire extinguishers suitable for dealing with electric fires, shall be conspicuously marked and kept in all generating stations, enclosed sub-stations and enclosed switch-stations in convenient situations.

(2) First-aid boxes or cupboards, conspicuously marked and equipped with such contents as the State Government may specify, shall be provided and maintained in every generating station, enclosed sub-station and enclosed switch-station so as to be readily accessible during all working hours. All such boxes and cupboards shall, except in the case of unattended sub-stations and switch-stations, be kept in charge of responsible persons who are trained in first-aid treatment and one of such persons shall be available during working hours.

৪৩। রক্ষাপ্রদ সরঞ্জাম সম্পর্কে প্রযোজ্য বিধানসমূহ।—(১) সকল বিদ্যুৎ-উৎপাদন কেন্দ্রে, বেরা শাখা-কেন্দ্রে এবং বেরা সুইচ-স্টেশনে বিদ্যুৎ-প্রবাহ জনিত আগুন নিবানোর পক্ষে উপযোগী অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্র ছাড়াও আগুন নিবানোর কাজে অবিলম্বে ব্যবহারের জন্য প্রস্তুত পরিষ্কার শুকনা বাসি-ভর্তি আগুন নিবানোর বালতি দুটি-আকর্ষক চিহ্ন দ্বারা সুবিধামত জায়গায় রাখিতে হইবে।

(২) প্রত্যেক বিদ্যুৎ-উৎপাদন কেন্দ্রে, ঘেরা শাখা-কেন্দ্রে এবং ঘেরা স্টাইচ-স্টেশনে দৃষ্টি-আকর্ষক চিহ্নসহ এবং রাজ্য সরকার কর্তৃক নির্দিষ্ট সরঞ্জাম সমেত প্রাথমিক চিকিৎসার জন্য ব্যবহৃত বাল্ক বা আলমারি রাখিতে ও সংরক্ষণ করিতে হইবে বাহাতে উহা কাজ চলাকালীন সহজ নাগালের মধ্যে পাওয়া যায়। কর্মীহীন শাখা-কেন্দ্র ও স্টাইচ-স্টেশন বাদে অন্তর্গত এই সকল বাল্ক এবং আলমারি প্রাথমিক চিকিৎসার কাজে শিক্ষণ-প্রাপ্ত দায়িত্বমণ্ডল ব্যক্তিগণের তত্ত্বাবধানে রাখিতে হইবে এবং কাজ চলার সময় এইরূপ একজন ব্যক্তিকে উপস্থিত থাকিতেই হইবে।

44. Instructions for restoration of persons suffering from electric shocks.—(1) Instructions in English, Hindi and the local language of the district for the restoration of persons suffering from electric shock, shall be affixed by the owner in a conspicuous place in every generating station, enclosed sub-station, enclosed switch-station and in every factory as defined in clause (m) of section 2 of the Factories Act, 1948 (XLIII of 1948) in which electricity is used and in such other premises where electricity is used as the Inspector or any officer appointed to assist the Inspector may, by notice in writing served on the owner, direct.

(2) Copies of the instructions shall be supplied on demand by an officer or officers appointed by the Central or the State Government in this behalf at a price to be fixed by the Central or the State Government.

(3) The owner of every generating station, enclosed sub-station, enclosed switch-station, and every factory or other premises to which this rule applies, shall ensure that all authorised persons employed by him are acquainted with and are competent to apply the instructions referred to in sub-rule (1).

৪৪। তড়িতাহত ব্যক্তিদের সুস্থ করিয়া তোলার নির্দেশসমূহ।—(১) প্রতি বিদ্যুৎ-উৎপাদন কেন্দ্রে, ঘেরা শাখা-কেন্দ্রে, ঘেরা স্টাইচ-স্টেশনে ১৯৪৮ সালের ফ্যাক্টরী আইনের (১৯৪৮-এর ৬৩) ২ অর্জুচ্ছেদের (m) ধারায় বৈকল্প নির্দেশিত আছে সেই অর্জুধারী বৈধানে বিদ্যুৎ ব্যবহৃত হয় এইরূপ প্রতিটি কারখানায়, এবং পরিদর্শক কিংবা পরিদর্শককে সহায়তা করার জন্য নিযুক্ত কোন কর্মচারী কর্তৃক লিখিতভাবে মালিককে দেওয়া নির্দেশ অর্জুধারী বিদ্যুৎ ব্যবহৃত হয় এইরূপ অন্তর্গত বাড়ীতে কোনও দৃষ্টি আকর্ষক স্থানে মালিককে ইংরাজিতে, হিন্দিতে এবং স্থানীয় ভাষায় মুদ্রিত তড়িতাহত ব্যক্তিদের সুস্থ করিয়া তোলার নির্দেশসমূহ আঁটিয়া দিতে হইবে।

(২) চাহিবামাত্র কেন্দ্রীয় বা রাজ্য সরকার কর্তৃক নিযুক্ত কর্মচারী বা কর্মচারী-দিগের নিকট হইতে কেন্দ্রীয় বা রাজ্য সরকার কর্তৃক নির্দিষ্ট দামে নির্দেশসমূহের প্রতিলিপি পাওয়া যাইবে।

(৩) প্রতিটি বিদ্যুৎ-উৎপাদন কেন্দ্রের, ঘেরা শাখা-কেন্দ্রের, ঘেরা স্ট্রীট-স্টেশনের, এবং প্রতিটি কারখানার বা ঘেখানে এই নিয়ম প্রযোজ্য হয় এইরূপ অন্ত্যন্ত বাড়ার মালিককে অবশ্য দেখিতে হইবে যে, তাহার সকল ভারপ্রাপ্ত কর্মচারী ১নং উপনিয়মে উল্লিখিত নির্দেশসমূহ জানে এবং সেইগুলি প্রয়োগ করার পক্ষে তাহার যোগ্যতাসম্পন্ন।

44A. Intimation of accidents.—If any accident occurs in connection with the generation, transmission, supply or use of energy in or in connection with, any part of the electric supply lines or others works of any person and the accident results in or is likely to have resultant in loss of human or animal life or in any injury to a human being or an animal, such person or any other person authorised by the State Electricity Board in this behalf shall send to the Inspector a telegraphic report within twenty-four hours of the knowledge of the occurrence of the fatal accident and a written report in the form set out in Annexure XIII, within forty-eight hours of the knowledge of occurrence of fatal and all other accidents.

৪৪এ। দুর্ঘটনাসমূহ জ্ঞাপন করা।—যদি কোন ব্যক্তির বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইনে বা লাইনের কোন অংশে বা অন্ত্যন্ত বৈদ্যুতিক স্থাপনায় বিদ্যুৎ উৎপাদন করিতে, এক স্থান হইতে অন্য স্থানে প্রেরণ করিতে, সরবরাহ করিতে কিংবা তড়িৎ-শক্তির ব্যবহার করিতে কোন দুর্ঘটনা ঘটে এবং ঐ দুর্ঘটনার ফলে মানুষ বা প্রাণীর জীবনহানী হয় বা হইতে পারে, কিংবা মানুষ বা প্রাণীর কোন ক্ষতি হয়, তবে এইরূপ ব্যক্তিকে বা রাজ্য বিদ্যুৎ পর্ষদ কর্তৃক এই উদ্দেশ্যে ভারপ্রাপ্ত ব্যক্তিকে মারাত্মক দুর্ঘটনা সংঘটনের সংবাদ পাওয়ার চব্বিশ ঘণ্টার মধ্যে একটি তারবাতায় ঘটনার বিবরণ এবং মারাত্মক বা অন্ত্যন্ত দুর্ঘটনা সংঘটনের সংবাদ পাওয়ার আটচল্লিশ ঘণ্টার মধ্যে ফ্রোডপত্র ১৩-তে প্রদর্শিত ফর্ম এ (form) ঘটনার লিখিত বিবরণ পরিদর্শকের নিকট পাঠাইতে হইবে।

45. Precautions to be adopted by consumers, owners, electrical contractors, electrical workmen and suppliers.—(1) No electrical installation work, including additions, alterations, repairs and adjustments to existing installations, except such replacement of lamps, fans, fuses, switches, low voltage domestic
৩৪ [ডি. সি.]

appliances and fittings as in no way alters its capacity or character, shall be carried out upon the premises of or on behalf of any consumer or owner, for the purpose of supply to such consumer or owner, except by an electrical contractor licensed in this behalf by the State Government and under the direct supervision of a person holding a certificate of competency issued or recognised by the State Government :

Provided that in the case of works executed for or on behalf of the Central Government and in the case of installations in mines, oil fields and railways, the Central Government and in other cases the State Government may, by notification in the official Gazette, exempt, on such conditions as it may impose, any such work described therein either generally or in the case of any specified class of consumers or owners, from so much of this sub-rule as requires such work to be carried out by an electrical contractor licensed by the State Government in this behalf.

(2) No electrical installation work which has been carried out in contravention of sub-rule (1) shall be connected with the works of any suppliers.

(3) The provisions of sub-rule (1) shall come into force in respect of a state or part thereof on such date as the State Government may, by notification in the official Gazette, appoint :

Provided that the said provisions shall come into force in any oil field, mine or railway or in respect of any work carried out by, or on behalf of, the Central Government only on such date as the Central Government may, by like notification, appoint.

৪৫। গ্রাহক, মালিক, বৈদ্যুতিক ঠিকাদার, বৈদ্যুতিক যিঞ্জী ও সরবরাহকারীদের যে-সকল সতর্কতা অবলম্বন করিতে হইবে।—(১) গ্রাহক বা মালিকের বাড়ীতে অথবা গ্রাহক বা মালিকের পক্ষে গ্রাহক বা মালিককে বিদ্যুৎ সরবরাহ করার উদ্দেশ্যে বাতি, পাখা, ফিউজ, সুইচ, নিম্ন তড়িৎ-চাপের যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জাম বদল করা প্রভৃতি যে-সকল কাজের দ্বারা স্থাপনার ক্ষয়তা বা বৈশিষ্ট্যের কোনরূপ পরিবর্তন ঘটে না সেই সকল কাজ বাদে, বর্তমান স্থাপনার সম্প্রসারণ, পরিবর্তন, মেরামত ও অদলবদল সম্বন্ধে কোনও বৈদ্যুতিক স্থাপনার কাজ রাজ্য সরকারের নিকট হইতে এই উদ্দেশ্যে অস্থগতিপ্রাপ্ত বৈদ্যুতিক ঠিকাদার ছাড়া এবং

রাজ্য সরকার কর্তৃক প্রদত্ত বা স্বীকৃত যোগ্যতার প্রমাণপত্র-প্রাপ্ত ব্যক্তির প্রত্যক্ষ পর্যবেক্ষণ ব্যতীত করা চলিবে না :

এই শর্তে যে, যে ক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় সরকারের জন্ত বা পক্ষে কাজ করা হইয়াছে, সেই ক্ষেত্রে এবং খনি, তৈলখনি অঞ্চল ও রেলওয়েতে স্থাপনার ক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় সরকার এবং অন্যান্য ক্ষেত্রে রাজ্য সরকার সরকারী গেজেটে বিজ্ঞপ্তি মারফত আরোপিত শর্তে বিজ্ঞপ্তিতে বর্ণিত কোনও কাজ সাধারণভাবে অথবা কোনও নির্দিষ্ট শ্রেণীর মালিক বা গ্রাহককে এই উপনিয়মের সেই অংশ হইতে রেহাই দিতে পারেন যে অংশ অনুযায়ী এই জাতীয় কাজ রাজ্য সরকারের নিকট হইতে অনুমতিপ্রাপ্ত কোন বৈদ্যুতিক ঠিকাদার কর্তৃক সম্পাদিত হওয়া আবশ্যিক।

(২) ১নং উপনিয়ম অমাত্র করিয়া যে-সকল বৈদ্যুতিক স্থাপনার কাজ সম্পাদন করা হইয়াছে, তাহাদের কোনও রকমে সরবরাহকারীর লাইনের সহিত সংযুক্ত করা চলিবে না।

(৩) সরকারী গেজেটে বিজ্ঞপ্তি মারফত রাজ্য সরকার যে তারিখ স্থির করিবেন, সেই তারিখ হইতে ১নং উপনিয়মের বিধানগুলি কোনও রাজ্যে বা তাহার অংশবিশেষে প্রযোজ্য হইবে :

এই শর্তে যে, কোনও তৈলখনি অঞ্চল, খনি বা রেলওয়ে বা কেন্দ্রীয় সরকার কর্তৃক বা তাহার পক্ষে সম্পাদিত কোন কাজের ক্ষেত্রে অনুরূপ গেজেট-বিজ্ঞপ্তি মারফত কেন্দ্রীয় সরকার যে তারিখ নির্দিষ্ট করিয়া দিবেন, সেই তারিখ হইতে এই বিধানগুলি কার্যকর হইবে।

46. Periodical inspection and testing of consumer's installation.—(1) (a) Where an installation is already connected to the supply system of the supplier, every such installation shall be periodically inspected and tested at intervals not exceeding five years either by the Inspector or any officer appointed to assist the Inspector or by the supplier as may be directed by the State Government in this behalf or in the case of installations belonging to, or under the control of, the Central Government and in the case of installations in mines, oil fields and railways, by the Central Government.

(b) Where the supplier is directed by the Central or the State Government as the case may be, to inspect and test the installation, he shall report on the condition of the installation to the consumer concerned in a form approved by the Inspector and shall submit a copy of such report to the Inspector.

(c) Subject to the approval of the Inspector, the forms of inspection report contained in Annexure IXA may, with such variations as the circumstances of each case require, be used for the purposes of this sub-rule.

(2) (a) The fees for such inspection and test shall be determined by the Central or the State Government, as the case may be, in the case of each class of consumers, and shall be payable by the consumer in advance.

(b) In the event of the failure of any consumer to pay the fees on or before the date specified in the fee-notice, supply to the installation of such consumer shall be liable to be disconnected under the direction of the Inspector. Such disconnection, however, shall not be made by the supplier without giving to the consumer seven clear days' notice in writing of his intention so to do.

(3) Notwithstanding the provisions of this rule, the consumer shall at all times be solely responsible for the maintenance of his installation in such condition as to be free from danger.

৪৬। গ্রাহকের বৈদ্যুতিক স্থাপনা মাঝে মাঝে পরিদর্শন ও পরীক্ষা করা।—(১) (ক) যেখানে কোন বৈদ্যুতিক স্থাপনা ইতিপূর্বেই সরবরাহকারার সরবরাহ ব্যবস্থার সহিত যুক্ত হইয়াছে, সেখানে এইরূপ প্রতিটি স্থাপনা অনধিক পাঁচ বছরের ব্যবধানে পরিদর্শককে কিংবা পরিদর্শককে সহায়তা করার জন্ত নিযুক্ত অথবা কোন কর্মচারীকে কিংবা সরবরাহকারীকে এই ব্যাপারে রাজ্য সরকারের, বা কেন্দ্রীয় সরকারের মালিকানাধীন বা নিয়ন্ত্রাধীন স্থাপনার ক্ষেত্রে এবং খনি, তৈলখনি অঞ্চল ও রেলওয়ের স্থাপনার ক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় সরকারের, নির্দেশ অনুযায়ী পরিদর্শন ও পরীক্ষা করিতে হইবে।

(খ) অবস্থা অনুযায়ী কেন্দ্রীয় বা রাজ্য সরকার কর্তৃক যেকোনো সরবরাহকারী বৈদ্যুতিক স্থাপনা পরিদর্শন ও পরীক্ষা করার জন্ত নির্দেশিত হইয়াছেন, সেক্ষেত্রে তাহাকে পরিদর্শক কর্তৃক অহুমোদিত ফরম-এ সংশ্লিষ্ট গ্রাহককে স্থাপনার অবস্থা সম্পর্কে বিবরণ দিতে হইবে এবং উক্ত বিবরণের একটি প্রতিলিপি পরিদর্শকের নিকট পেশ করিতে হইবে।

(গ) এই উপনিয়মের বিধানগুলি পালনের উদ্দেশ্যে প্রতি ক্ষেত্রে অবস্থা অনুযায়ী কিছুটা পরিবর্তন করিয়া জোড়পত্র ২এ-তে প্রদর্শিত পরিদর্শনের বিবরণ দাখিল করার ফর্ম পরিদর্শকের অহুমোদনসাপেক্ষে ব্যবহার করা যাইতে পারে।

(২) (ক) প্রতি শ্রেণীর গ্রাহকের ক্ষেত্রে এইরূপ পরিদর্শন ও পরীক্ষার পারিশ্রমিক অথবা অস্থায়ী কেন্দ্রীয় বা রাজ্য সরকার কর্তৃক নির্দিষ্ট হইবে, এবং গ্রাহককে তাহা আগাম দিতে হইবে।

(খ) যদি পারিশ্রমিক সংক্রান্ত বিজ্ঞপ্তিতে নির্দিষ্ট করা তারিখে বা তাহার আগে গ্রাহক পারিশ্রমিক দিতে না পারেন, তবে পরিদর্শকের নির্দেশে এইরূপ গ্রাহকের স্থাপনায় বিদ্যুৎ-সরবরাহ ছিন্ন করা যাইতে পারে। অবশ্য সরবরাহকারী কর্তৃক গ্রাহককে পুরা সাত দিনের লিখিত নোটিস দিয়া আগে হইতে তাহার সরবরাহ ছিন্ন করার অভিপ্রায় না জানাইয়া এই ধরনের সরবরাহ বন্ধ করা চলিবে না।

(গ) এই নিয়মের বিধান সত্ত্বেও গ্রাহক সকল সময় বিপন্নুক্ত অবস্থায় তাহার বৈদ্যুতিক স্থাপনা সংরক্ষণের জন্য একমাত্র দায়ী থাকিবেন।

CHAPTER V

GENERAL CONDITIONS RELATING TO SUPPLY AND USE OF ENERGY

পঞ্চম পৰিচ্ছেদ

বিদ্যুৎ সরবরাহ ও ব্যবহার সম্পর্কে সাধারণ শর্তাবলী

47. **Testing of consumer's installation.**—(1) Upon receipt of an application for a new or additional supply of energy and before connecting the supply or reconnecting the same after a period of six months, the supplier shall inspect and test the applicant's installation.

The supplier shall maintain a record of test results obtained at each supply point to a consumer in a form to be approved by the Inspector.

(2) If as a result of such inspection and test the supplier is satisfied that the installation is likely to constitute danger, he shall serve on the applicant a notice in writing requiring him to make such modifications as are necessary to render the installation safe. The supplier may refuse to connect or reconnect the supply until the required modifications have been completed and he has been notified by the applicant.

৪৭। গ্রাহকের বৈদ্যুতিক স্থাপনা পরীক্ষা।—(১) নতুন অথবা অতিরিক্ত বিদ্যুৎ সরবরাহের জন্য আবেদন পাওয়ার পর এবং সরবরাহ লাইন যুক্ত কিংবা ছয় মাসের ব্যবধানে পুনরায় যুক্ত করার আগে সরবরাহকারী আবেদনকারীর বৈদ্যুতিক স্থাপনা পরিদর্শন ও পরীক্ষা করিবেন।

গ্রাহকের প্রতি সরবরাহ-বিন্দুতে পরীক্ষার যে ফল পাওয়া যাইবে, সরবরাহকারীকে পরিদর্শক কর্তৃক অনুমোদিত ফর্ম-এ তাহার বিবরণ লিপিবদ্ধ করিয়া রাখিতে হইবে।

(২) যদি এই পরিদর্শন ও পরীক্ষার ফলে সরবরাহকারী নিশ্চিত হন যে, বৈদ্যুতিক স্থাপনা হইতে বিপদ সৃষ্ট হইতে পারে, তবে উক্ত স্থাপনা নিরাপদ করার জন্য যে-সকল সংশোধন প্রয়োজন তাহা করার নির্দেশ দিয়া তিনি আবেদনকারীকে লিখিত নোটিস দিবেন। প্রয়োজনীয় সংশোধনাদি সম্পূর্ণ না হওয়া পর্যন্ত এবং আবেদনকারী উক্ত সংশোধনাদি বিষয়ে লিখিয়া না জানানো পর্যন্ত সরবরাহকারী সরবরাহ-লাইন যুক্ত বা পুনরায় যুক্ত করিতে অস্বীকার করিতে পারেন।

48. Precautions against leakage before connection.—

(1) The supplier shall not connect with his works the installation or apparatus on the premises of any applicant for supply unless he is reasonably satisfied that the connection will not, at the time of making the connection, cause a leakage from that installation or apparatus exceeding one five-thousandth of the maximum current supplied to the applicant's premises.

(2) If the supplier declines to make a connection under the provisions of sub-rule (1), he shall serve upon the applicant a notice in writing stating his reason for so declining.

৪৮। সংযোগের পূর্বে বিদ্যুৎ-নির্গমনের বিরুদ্ধে সতর্কতা।—(১) সরবরাহকারী কোনও আবেদনকারীর বাড়ীর বৈদ্যুতিক স্থাপনা বা যন্ত্রপাতি নিজের সরবরাহ ব্যবস্থার সহিত সংযুক্ত করিবেন না যদি না তিনি যুক্তিসঙ্গতভাবে নিশ্চিত হন যে, বিদ্যুৎ-সংযোগ করার সময় ঐ সকল বৈদ্যুতিক স্থাপনা বা যন্ত্রপাতি হইতে আবেদনকারীর বাড়ীতে সর্বাশেষা যত বেশী বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হইবে, তাহার পাঁচ হাজার ভাগের এক ভাগ অশেষা বেশী বিদ্যুৎ-নির্গমন হইবে না।

(২) যদি ১নং উপনিয়মের বিধান অনুযায়ী সরবরাহকারী কোন লাইন সংযোগ করিতে অস্বীকার করেন, তবে এইরূপ অস্বীকৃতির কারণ জানাইয়া তিনি আবেদনকারীকে লিখিত নোটিশ দিবেন।

49. Leakage on consumer's premises.—(1) If the Inspector or any officer appointed to assist the Inspector and holding Gazetted rank or the supplier has reason to believe that there is in the system of a consumer leakage which is likely to affect injuriously the use of energy by the supplier or by other persons, or which is likely to cause danger, he may give the consumer reasonable notice in writing that he desires to inspect and test the consumer's installation.

2. If, on such notice being given—

(a) the consumer does not give all reasonable facilities for inspection and testing of his installation, or

(b) a leakage exceeding one five-thousandth part of the maximum current applied to the consumer's installation is shown to exist, the supplier may, and if directed so to do by the Inspector, shall, discontinue the supply of energy to the

installation but only after giving to the consumer forty-eight hours' notice in writing of disconnection of supply and shall not recommence the supply until he or the Inspector is satisfied that the cause of the leakage has been removed.

Notes

Under sec 20 (2) (b) of the Indian Electrical Act, before a licensee or any person authorised by the Electricity Department can enter and inspect the premises, at least twenty-four hours' notice must be given. Thus reasonable notice must be construed as at least twenty-four hours' notice.

৪৯। গ্রাহকের বাড়ীতে বিদ্যুৎ-নির্গমন।—(১) যদি পরিদর্শকের বা পরিদর্শকে সহায়তা করার জন্য নিযুক্ত এবং গেজেটেড পদমর্যাদা সম্পন্ন কোন কর্মচারীর বা সরবরাহকারীর ইহা মনে করিবার কারণ ঘটে যে, গ্রাহকের লাইনে যে পরিমাণ বিদ্যুৎ-নির্গমন হইতেছে তাহার দ্বারা সরবরাহকারীর বা অন্য ব্যক্তির তড়িৎ-শক্তি ব্যবহারের ক্ষতি হইতে পারে, কিংবা তাহার ফলে বিপদ ঘটিতে পারে, তবে তিনি গ্রাহকের বৈদ্যুতিক স্থাপনা পরিদর্শন ও পরীক্ষা করার অভিপ্রায় জানাইয়া গ্রাহকে লিখিতভাবে উপযুক্ত নোটিস দিতে পারেন।

(২) যদি এই নোটিস দেওয়ার পবে—

(ক) গ্রাহক তাহার বৈদ্যুতিক স্থাপনা পরিদর্শন ও পরীক্ষার জন্য সকল রকম আয়সঙ্গত হুযোগ না দেন, অথবা

(খ) গ্রাহকের বৈদ্যুতিক স্থাপনায় সরবরাহ করা সর্বোচ্চ পরিমাণ বিদ্যুৎ-প্রবাহের পাঁচ হাজার ভাগের এক ভাগ অপেক্ষা বেশী বিদ্যুৎ-নির্গমন হইতেছে বলিয়া দেখা যায়, তবে সরবরাহ বন্ধ করা হইবে এই মর্মে গ্রাহকে আটচল্লিশ ঘণ্টার লিখিত নোটিস দেওয়ার পরেই কেবল সরবরাহকারী উক্ত স্থাপনায় বিদ্যুৎ-সরবরাহ দেওয়া বন্ধ করিতে পারেন, এবং পরিদর্শকের নিকট হইতে এইরূপ করার নির্দেশ পাইলে অবশুই সরবরাহ দেওয়া বন্ধ করিবেন; এবং বিদ্যুৎ-নির্গমনের কারণ দূর করা হইয়াছে বলিয়া তিনি অথবা পরিদর্শক নিশ্চিত না হওয়া পর্যন্ত নূতন করিয়া সরবরাহ দেওয়া আরম্ভ করিবেন না।

সংক্ষিপ্ত মন্তব্য

ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের (Indian Electrical Act) ২০ (২) (খ) ধারা অনুযায়ী কোন অধুমতিপ্রাপ্ত ব্যক্তিকে বা বৈদ্যুতিক বিভাগ কর্তৃক ভারপ্রাপ্ত ব্যক্তিকে কোন বাড়ীতে প্রবেশ এবং পরিদর্শনের পূর্বে অবশুই কমপক্ষে চল্লিশ ঘণ্টার নোটিস দিতে হইবে। অতএব উপযুক্ত নোটিস বলিতে অবশুই কমপক্ষে চল্লিশ ঘণ্টার নোটিস বুঝিতে হইবে।

50. Supply and use of energy.—(1) The energy shall not be supplied, transformed, converted or used or continued to be

supplied, transformed, converted or used unless the following provisions are observed :

(a) a suitable linked switch or a circuit-breaker of requisite capacity to carry and break the current is placed as near as possible to, but after the point of commencement of supply as defined under rule 58, so as to be readily accessible and capable of being easily operated to completely isolate the supply to the installation, such equipment being in addition to any equipment installed for controlling individual circuits or apparatus :

Provided that where the point of commencement of supply and the consumer's apparatus are near each other, one linked switch or circuit-breaker near the point of commencement of supply shall be considered sufficient for the purpose of this rule ;

(b) a suitable linked switch or a circuit-breaker of requisite capacity to carry and break the full load current is inserted on the secondary side of a transformer, in case of high or extra-high voltage installation :

Provided, however, that the linked switch on the primary side of the transformer may be of such capacity as to carry the full load current and to break only the magnetising current of the transformer :

Provided further that the provision of this clause shall not apply to transformers installed in sub stations up to and including 100 KVA belonging to the supplier :

Provided also that the provision of a linked switch on the primary side of the transformer shall not apply to the unit auxiliary transformer of the generator ;

(c) every distinct circuit is protected against excess energy by means of a suitable cut-out or a circuit-breaker of adequate breaking capacity suitably located and so constructed as to prevent danger from over heating, arcing or scattering of hot metal when it comes into operation and to permit of ready renewal of the fusible metal of the cut-out without danger ;

(d) the supply of energy to each motor or a group of motors or other apparatus meant for operating one particular machine,

is controlled by a suitable linked switch or a circuit-breaker or an emergency tripping device with manual reset of requisite capacity placed in such a position as to be adjacent to the motor or a group of motors or other apparatus readily accessible to and easily operated by the person in charge and so connected in circuit that by its means all supply of energy can be cut-off from the motor or a group of motors or apparatus, and from any regulating switch, resistance or other device associated therewith ;

(e) all insulating material is chosen with special regard to the circumstances of its proposed use, the mechanical strength being sufficient for its purpose, and so far as is practicable, is of such a character or so protected as to maintain adequately its insulating properties under all working conditions in respect of temperature and moisture ; and

(f) adequate precautions are taken to ensure that no live parts are so exposed as to cause danger.

(2) (a) Where energy is being supplied, transformed, converted or used, the consumer or the owner of the concerned installation shall be responsible for the continuous observance of the provisions of sub-rule (1) in respect of his installation.

(b) Every consumer shall use all reasonable means to ensure that where energy is supplied by a supplier, no person other than the supplier shall interfere with the service lines and apparatus placed by the supplier on the premises of the consumer.

৫০। বিদ্যুতের সরবরাহ ও ব্যবহার।—(১) বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ, পরিবর্তন, রূপান্তরকরণ বা ব্যবহার করা হইবে না বা করা হইতে থাকিবে না যদি না নিম্নলিখিত বিধানগুলি পালন করা হয় :

(ক) একটি উপযুক্ত সংযোজক সুইচ অথবা বিদ্যুৎ-প্রবাহ বহন বা বিচ্ছিন্ন করার পক্ষে উপযুক্ত ক্ষমতাসম্পন্ন একটি সার্কিট-ব্রেকার ৫৮নং নিয়মে বর্ণিত সরবরাহের সূচনা-বিন্দুর পরে অথচ যতটা কাছাকাছি সম্ভব বসানো হয় বাহাতে তাহা সহজে নাগাল পাওয়া যায় এবং বৈদ্যুতিক স্থাপনায় সরবরাহ করা বিদ্যুৎ-প্রবাহ সম্পূর্ণ বিচ্ছিন্ন করার জন্য সহজে পরিচালনা করা চলে। স্বতন্ত্র তড়িৎ-বর্তনী বা যন্ত্রপাতি নিয়ন্ত্রণের জন্য স্থাপিত সরঞ্জাম ছাড়া ইহা অতিরিক্ত সরঞ্জাম হইবে :

এই শর্তে যে, যেখানে সরবরাহের স্থচনা-বিন্দু এবং গ্রাহকের যন্ত্রপাতি পরস্পরের কাছাকাছি অবস্থিত, সেখানে সরবরাহের স্থচনা-বিন্দুর নিকট একটি সংযোজক সুইচ অথবা সারকিট-ব্রেকার এই নিয়মের পক্ষে যথেষ্ট বলিয়া বিবেচিত হইবে ;

(খ) উচ্চ বা অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপের বৈদ্যুতিক স্থাপনার ক্ষেত্রে একটি উপযুক্ত সংযোজক সুইচ অথবা পুরা লোডের বিদ্যুৎ-প্রবাহ বহন অথবা বিচ্ছিন্ন করার পক্ষে উপযুক্ত ক্ষমতাসম্পন্ন একটি সারকিট-ব্রেকার ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারির দিকে সরিবিষ্ট করা হয় :

অবশ্য এই শর্তে যে, ট্রান্সফরমারের প্রাইমারির দিকের সংযোজক সুইচটি এমন ক্ষমতাসম্পন্ন হইবে যাহাতে উহা পুরা লোডের বিদ্যুৎ-প্রবাহ বহন করিতে এবং কেবলমাত্র ট্রান্সফরমারের চুষক-শক্তি উৎপন্নকারী বিদ্যুৎ-প্রবাহ (magnetising current) বিচ্ছিন্ন করিতে পারে :

আরও এই শর্তে যে, সরবরাহকারীর মালিকানাধীন ১০০ কে. ভি. এ. সমেত ১০০ কে. ভি. এ. পর্যন্ত ক্ষমতাসম্পন্ন শাখা-কেন্দ্রসমূহে স্থাপিত ট্রান্সফরমারের ক্ষেত্রে এই ধারার বিধান প্রযোজ্য হইবে না :

এই শর্তেও যে, ট্রান্সফরমারের প্রাইমারির দিকে একটি সংযোজক সুইচের বিধান জেনারেটরের সহায়ক একক ট্রান্সফরমারের প্রতি প্রযোজ্য হইবে না :

(গ) প্রতিটি স্বতন্ত্র তড়িৎ-বর্তনী একটি উপযুক্ত কার্ট-আউট বা বিদ্যুৎ-প্রবাহ বিচ্ছিন্ন করার পক্ষে পর্যাপ্ত ক্ষমতার একটি সারকিট-ব্রেকার দ্বারা অতিরিক্ত তড়িৎ-শক্তি হইতে সংরক্ষিত হয়, এবং উক্ত কার্ট-আউট বা সারকিট-ব্রেকার এমনভাবে স্থাপিত ও নিমিত হয় যাহাতে চালু অবস্থায় উহা অতিরিক্ত উত্তাপ, বৈদ্যুতিক “আর্কিং” বা উত্তপ্ত ধাতুর ইত্যন্তঃ নিক্ষেপণের বিপদ রোধ করিতে পারে এবং নিরাপদে কার্ট-আউটের দ্রবণীয় ধাতু সহজে পুনরায় লাগানো সম্ভব করে ।

(ঘ) নির্দিষ্ট কোন মেশিন পরিচালনার জন্য ব্যবহৃত প্রতিটি মোটরের বা একত্রে অবস্থিত কতকগুলি মোটরের বা অন্য যন্ত্রের বিদ্যুৎ-সরবরাহ একটি উপযুক্ত সংযোজক সুইচ কিংবা উপযুক্ত ক্ষমতার একটি সারকিট-ব্রেকার বা জরুরী অবস্থায় বর্তনীর সংযোগ আপন। হইতে খুলিয়া দেয় এবং হস্ত দ্বারা পুনরায় তাহা সংযোগ করা যায় এইরূপ কোন সরঞ্জাম দ্বারা যেন নিয়ন্ত্রিত হয়, এবং উক্ত নিয়ন্ত্রণকারী সুইচ বা সারকিট-ব্রেকার বা সরঞ্জাম যেন এমন স্থানে বসানো থাকে যাহাতে উহা মোটরের বা একত্রে অবস্থিত কতকগুলি মোটরের বা অন্য যন্ত্রের কাছাকাছি এবং ভারপ্রাপ্ত ব্যক্তির নাগালের মধ্যে সহজে পরিচালন যোগ্য হয়, এবং এমনভাবে বর্তনীর মধ্যে সংযুক্ত থাকে যাহাতে উহার দ্বারা মোটর বা একত্রে অবস্থিত কতকগুলি মোটর বা অন্য যন্ত্র এবং কোনও নিয়ন্ত্রণকারী সুইচ, রেজিস্ট্যান্স বা ইহার সহিত যুক্ত অন্য সরঞ্জাম হইতে সমস্ত বিদ্যুৎ সরবরাহ কাটিয়া দেওয়া যায় ;

(ঙ) প্রস্তাবিত ব্যবহারের পারিপার্শ্বিক অবস্থা বিশেষভাবে বিবেচনা করিয়া যেন সকল অপরিবাহী বস্তু (insulating materials) নির্বাচন করা হয় ; তাহাও

যান্ত্রিক ক্ষমতা যেন উদ্দেশ্যের পক্ষে যথেষ্ট হয় এবং যতটা সম্ভব তাহার। যেন এমন বৈশিষ্ট্যের হয় বা এমনভাবে সংরক্ষিত থাকে যাহাতে সর্বকম কাজের মধ্যে তাপ ও আর্দ্রতার অবস্থায় তাহাদের অপরিবাহী গুণ পর্যাপ্ত পরিমাণে বজায় থাকে ;

(৫) বিপদ ঘটিতে পারে এমন অবস্থায় যাহাতে কোনও বিদ্যুৎবাহী অংশ খোলা না থাকে, সেই বিষয়ে নিশ্চয়তার জ্ঞান যেন যথেষ্ট সতর্কতা অবলম্বন করা হয়।

(২) (ক) যেখানে তড়িৎ-শক্তি সর্ববরাহ, পরিবর্তন, রূপান্তর বা ব্যবহার করা হইতেছে, সেখানে গ্রাহক বা আলোচ্য বৈদ্যুতিক স্থাপনার মালিককে তাহার স্থাপনা সম্পর্কে 'ন' উপনিয়মেব বিধানগুলি অবিরাম পালনের দায়িত্ব গ্রহণ করিতে হইবে।

(খ) যেখানে কোন সর্ববরাহকারী কর্তৃক বিদ্যুৎ সর্ববরাহ করা হয়, সেখানে গ্রাহকের বাড়িতে সর্ববরাহকারী কর্তৃক স্থাপিত সর্ববরাহ-লাইন ও যন্ত্রপাতিতে সর্ববরাহকারী ভিন্ন অন্য কেহ যাহাতে হাত না দেয়, সেই বিষয়ে নিশ্চয়তার জ্ঞান প্রতিটি গ্রাহককে সর্বকম যুক্তিসঙ্গত ব্যবস্থা গ্রহণ করিতে হইবে।

51. Provisions applicable to medium, high or extra-high voltage installations.—The following provisions shall be observed where energy at medium, high or extra-high voltage is supplied, converted, transformed or used :

(1) (a) All conductors (other than those of overhead lines) shall be completely enclosed in mechanically strong metal casing or metallic covering which is electrically and mechanically continuous and adequately protected against mechanical damage unless the said conductors are accessible only to an authorised person or are installed and protected to the satisfaction of the Inspector so as to prevent danger :

Provided that rigid non-metallic conduits conforming to Indian Standards Specification No. IS . 2509-1963 Rigid Non-Metallic Conduits for Electric Installation, may be used for medium voltage installations, subject to conditions as the Inspector or any officer appointed to assist the Inspector may such think fit to impose.

(b) All metal work enclosing, supporting or associated with the installation other than that designed to serve as a conductor shall, if considered necessary by the Inspector, be connected with earth.

(c) Every main switchboard shall comply with the following provisions, namely :—

(i) a clear space of not less than 0'914 metre (3 feet) in width shall be provided in front of the switchboard ;

(ii) if there are any attachments or bare connections at the back of the switchboard, the space (if any) behind the switchboard shall be either less than 0'229 metre (9 inches) or more than 0'762 metre (30 inches) in width, measured from the furthest outstanding part of any attachment or conductor ;

(iii) if the space behind the switchboard exceeds 0'762 metre (30 inches) in width, there shall be a passage-way from either end of the switchboard clear to a height of 1'829 metres (6 feet).

(2) Where an application has been made to a supplier for supply of energy to any installation, he shall not commence, or where the supply has been discontinued, recommence the supply unless he is satisfied that the consumer has complied in all respects with the conditions of supply, set out in sub-rule (1) of this rule, rules 50 and 64.

(3) Where a supplier proposes to supply or use energy at medium voltage or to recommence supply after it has been discontinued for a period of six months, he shall, before connecting or reconnecting the supply, give notice in writing of such intention to the Inspector.

(4) If at any time after connecting the supply the supplier is satisfied that any provision of sub-rule (1) of this rule, or of rules 50 and 64 is not being observed, he shall give notice of the same in writing to the consumer and the Inspector specifying how the provision has not been observed, and may discontinue the supply if the Inspector so directs.

৫১। মাঝারি, উচ্চ বা অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপের বৈদ্যুতিক স্থাপনা সম্পর্কে প্রযোজ্য বিধানসমূহ।—যেখানে মাঝারি, উচ্চ বা অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপে বৈদ্যুতিক-শক্তি সরবরাহ, পরিবহন, রূপান্তর বা ব্যবহার করা হয়, সেখানে নিম্নলিখিত বিধানগুলি মানিতে হইবে :

(১) (ক) সকল পরিবাহী (খোলা জায়গায় যাত্রার উপর দিয়া টানা লাইনের পরিবাহী বাদে) বৈদ্যুতিক ও যান্ত্রিক দিক হইতে নিরবচ্ছিন্ন এবং যান্ত্রিক ক্ষতি হইতে যথেষ্টভাবে সংরক্ষিত ধাতুর খোল বা ধাতব আচ্ছাদন দ্বারা পুরাপুরি আবৃত থাকিবে যদি না উক্ত পরিবাহীসকল কেবলমাত্র একজন অধিকারপ্রাপ্ত ব্যক্তির নাগালেয় মধ্যে হয় অথবা পরিদর্শকের মতে বিপদশূন্যভাবে স্থাপিত এবং সংরক্ষিত হয় :

এই শর্তে যে, পরিদর্শক বা পরিদর্শককে সহায়তা করার জন্য নিযুক্ত কোন কর্মচারী এইরূপ যে-সকল শর্ত আরোপ করার যোগ্য বলিয়া বিবেচনা করিবেন, সেই সকল শর্তাধীনে মাঝারি চাপের বৈজ্যাতিক স্থাপনার ক্ষেত্রে ভারতীয় মানক সংহার নির্দেশ নং আই এস : ২৫০২-১৯৬৩ বৈজ্যাতিক স্থাপনার জন্য শক্ত অধাতব কণুইট অল্পসারে নিম্নিত শক্ত অধাতব কণুইট ব্যবহার করা যাইতে পারে।

(খ) যেগুলি পরিবাহী হিসাবে প্রয়োজন্য সেইগুলি বাদে আচ্ছাদক, অবলম্বন বা বৈজ্যাতিক স্থাপনার সহিত কোনও ভাবে সংশ্লিষ্ট সংরক্ষণ ধাতব কাজকে, পরিদর্শক প্রয়োজন মনে করিলে, মাটির সহিত যুক্ত করিতে হইবে।

(গ) প্রতিটি প্রধান স্নইচবোর্ডের ক্ষেত্রে নিম্নলিখিত বিধানগুলি মানিতে হইবে, যেমন—

(১০) অগ্ন্যন ০.২১৪ মিটার (৩ ফুট) চওড়া পরিষ্কার জায়গা স্নইচবোর্ডের সম্মুখে রাখিতে হইবে,

(২০) স্নইচবোর্ডে পিছনে যদি কোন সংযোজন বা খোলা সংযোগ থাকে, তবে স্নইচবোর্ডের পিছনের জায়গাটি (যদি কোন জায়গা থাকে) কোনও সংযোজনের দূরত্ব বহিঃস্থ বা পরিবাহী হইতে মাপিলে হয় ০.২২৯ মিটার (৯ ইঞ্চি) অপেক্ষা কম অথবা ০.৭৬২ মিটার (৩০ ইঞ্চি) অপেক্ষা বেশী চওড়া হইবে,

(৩০) যদি স্নইচবোর্ডের পিছনের জায়গা ০.৭৬২ মিটার (৩০ ইঞ্চি) অপেক্ষা বেশী চওড়া হয়, তবে স্নইচবোর্ডের দুই প্রান্ত হইতে পরিক্রম ১'০২৯ মিটার (৬ ফুট) উচ্চ একটি চলার পথ থাকিবে।

(২) যেক্ষেত্রে কোনও স্থাপনায় বিদ্যুৎ সরবরাহের জন্য সরবরাহকারীর নিকট আবেদন করা হইয়াছে, সেক্ষেত্রে এই নিয়মের ১নং উপনিয়মে এবং ৫০ নং ও ৬৪ নং নিয়মে বর্ণিত বিধানগুলি গ্রাহক কর্তৃক সর্বরকমে পালিত হওয়া সম্পর্কে সন্দেহ না হওয়া পর্যন্ত সরবরাহকারী বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবেন না, বা যেখানে সরবরাহ বন্ধ করা হইয়াছে, সেখানে পুনরায় সরবরাহ শুরু করিবেন না।

(৩) যেক্ষেত্রে কোনও সরবরাহকারী মাঝারি তড়িৎ-চাপে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিতে বা ব্যবহার করিতে অথবা ছয় মাস সরবরাহ বন্ধ রাখার পর পুনরায় উহা শুরু করিতে ইচ্ছুক হন, সেক্ষেত্রে তিনি সরবরাহ শুরু বা পুনরায় শুরু করিবার পূর্বে পরিদর্শককে লিখিতভাবে এই মর্মে নোটিস দিবেন।

(৪) সরবরাহ শুরু করার পরে সরবরাহকারী যদি নিঃসন্দেহ হন যে, এই নিয়মের ১নং উপনিয়মে অথবা ৫০নং ও ৬৪নং নিয়মে বর্ণিত কোনও একটি বিধান প্রতিপালিত হইতেছে না, তবে কিভাবে বিধানটি প্রতিপালিত হইতেছে না তাহা সবিস্তারে উল্লেখ করিয়া তিনি গ্রাহককে এবং পরিদর্শককে এই বিষয়ে লিখিত নোটিস দিবেন, এবং পরিদর্শক যদি অস্বরূপ নির্দেশ দেন, তবে তিনি সরবরাহ বন্ধ করিয়া দিতে পারেন

52. Appeal to Inspector in regard to defects.—(1) If any applicant for a supply or a consumer is dissatisfied with the action of the supplier in declining to commence, to continue or to recommence the supply of energy to his premises on the grounds that the installation is defective or is likely to constitute danger, he may appeal to the Inspector to test the installation and the supplier shall not, if the Inspector or, under his orders, any other officer appointed to assist the Inspector, is satisfied that the installation is free from the defect or danger complained of, be entitled to refuse supply to the consumer on the grounds aforesaid, and shall, within twenty-four hours after the receipt of such intimation from the Inspector, commence, continue or recommence the supply of energy.

(2) Any test for which application has been made under the provision of sub-rule (1) shall be carried out within seven days after the receipt of such application.

(3) This rule shall be endorsed on every notice given under the provisions of rules 47, 48 and 49.

৫২। **ত্রুটি সম্পর্কে পরিদর্শকের নিকট আপীল।**—(১) বৈদ্যুতিক স্থাপনা ত্রুটিপূর্ণ হওয়াতে বা বিপজ্জনক হইতে পারে এই কারণে তাহার বাড়ীতে সরবরাহকারী বিদ্যুৎ সরবরাহ স্বরূপ করিতে, চালু রাখিতে বা পুনরায় স্বরূপ করিতে অস্বীকার করায় যদি বিদ্যুৎ সরবরাহের জন্য কোন আবেদনকারী বা কোন গ্রাহক অসন্তুষ্ট হন, তবে তিনি তাহার স্থাপনা পরীক্ষা করার জন্য পরিদর্শকের নিকট আবেদন করিতে পারেন, এবং যদি পরিদর্শক অথবা তাহার নির্দেশানুযায়ী তাহাকে সহায়তা করার জন্য নিযুক্ত কোনও কর্মচারী সন্তুষ্ট হন যে, সেই বৈদ্যুতিক স্থাপনা অভিযুক্ত ত্রুটি বা বিপদ হইতে মুক্ত, তবে পূর্বোক্ত কারণে সরবরাহকারী গ্রাহককে বিদ্যুৎ সরবরাহ দিতে অস্বীকার করিতে পারিবেন না, এবং পরিদর্শকের নিকট হইতে এই মর্মে সংবাদ পাওয়ার চব্বিশ ঘণ্টার মধ্যে তাহাকে বিদ্যুৎ সরবরাহ স্বরূপ করিতে, চালু রাখিতে বা পুনরায় স্বরূপ করিতে হইবে।

(২) ১নং উপনিয়মের বিধান অনুযায়ী কোন পরীক্ষার জন্য দরখাস্ত দেওয়া হইলে তাহা এই ধরনের দরখাস্ত পাওয়ার সাত দিনের মধ্যে সমাপ্ত করিতে হইবে।

(৩) ৪৭, ৪৮ এবং ১ নং নিয়মের বিধান অনুযায়ী প্রদত্ত প্রত্যেক নোটিসে এই নিয়মটিকে অন্তর্ভুক্ত করিতে হইবে।

53. Cost of inspection and test of consumer's installation.—

(1) The cost of the first inspection and test of a consumer's

installation carried out in pursuance of the provisions of rule 47 shall be borne by the supplier and the cost of every subsequent inspection and test shall be borne by the consumer, unless in the appeal under rule 52, the Inspector directs otherwise.

(2) The cost of any inspection and test made by the Inspector or any officer appointed to assist the Inspector, at the request of the consumer or other interested party, shall be borne by the consumer or other interested party, unless the Inspector directs otherwise.

(3) The cost of each and every such inspection and test by whomsoever borne shall be calculated in accordance with the scale specified by the Central or the State Government as the case may be in this behalf.

৫৩। গ্রাহকের বৈদ্যুতিক স্থাপনা পরিদর্শন ও পরীক্ষার খরচপত্র।—

(১) ৪৭নং নিয়মের বিধান অনুযায়ী প্রথমবারে গ্রাহকের বৈদ্যুতিক স্থাপনা পরিদর্শন ও পরীক্ষার খরচ সরবরাহকারীকে বহন করিতে হইবে, এবং যদি না ৫২নং নিয়ম অনুযায়ী আপীলের ক্ষেত্রে পরিদর্শক অন্তরকম নির্দেশ দেন, পরবর্তী প্রত্যেকবারের পরিদর্শন ও পরীক্ষার খরচ গ্রাহককে বহন করিতে হইবে।

(২) যদি না পরিদর্শক অন্তরকম নির্দেশ দেন, গ্রাহক বা অন্য কোনও স্বার্থসম্পন্ন ব্যক্তির অনুরোধে পরিদর্শক কিংবা পরিদর্শককে সহায়তা করার জন্য নিযুক্ত কোনও কর্মচারী কর্তৃক পরিদর্শন ও পরীক্ষার খরচ গ্রাহক বা অন্য কোনও স্বার্থসম্পন্ন ব্যক্তিকে বহন করিতে হইবে।

(৩) এইরূপ প্রত্যেকটি পরিদর্শন ও পরীক্ষার খরচ যাহাকেই বহন করিতে হউক না কেন, তাহা এই ব্যাপারে অবস্থামত কেন্দ্রীয় বা রাজ্য সরকার কর্তৃক নির্দিষ্ট মান অনুযায়ী হিসাব করিতে হইবে।

54. Declared voltage of supply to consumer.—Except with the written consent of the consumer or with the previous sanction of the State Government a supplier shall not permit the voltage at the point of commencement of supply as defined under rule 58 to vary from the declared voltage

(i) in the case of low or medium voltage, by more than 6 per cent ; or

(ii) in the case of high voltage, by more than 6 per cent on the higher side or by more than 9 per cent on the lower side ; or

(iii) in the case of extra-high voltage, by more than 12·5 per cent :

Provided that in the case of high voltage, the voltage variation limit of 12·5 per cent may continue till the 31st March, 1974.

৫৪। গ্রাহককে সরবরাহ করা ঘোষিত তড়িৎ-চাপ।—গ্রাহকের লিখিত সম্মতি ছাড়া বা রাজ্য সরকারের পূর্ব অনুমোদন ব্যতীত কোনও সরবরাহকারী ৫৮নং নিয়মে বর্ণিত সরবরাহ-স্থচনা বিন্দুতে তড়িৎ-চাপ ঘোষিত তড়িৎ-চাপ হইতে

(১০) নিম্ন বা মাঝারি তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে শতকরা ৬ ভাগের অধিক, অথবা

(১০) উচ্চ তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে উচ্চতর চাপের দিকে শতকরা ৬ ভাগের বা নিম্নতর চাপের দিকে শতকরা ৯ ভাগের অধিক, অথবা

(১০) অতি-উচ্চ তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে শতকরা ১২·৫ ভাগের অধিক, কম-বেশী করিতে পারিবেন না :

এই শর্তে যে, উচ্চ তড়িৎ-চাপের ক্ষেত্রে ইং ১৯৭৪ সালের ৩১শে মার্চ পর্যন্ত তড়িৎ-চাপ কম-বেশী করার সীমা শতকরা ১২·৫ ভাগ পর্যন্ত রাখা যাইতে পারে।

55. Declared frequency of supply to consumer.—Except with the written consent of the consumer or with the previous sanction of the State Government a supplier shall not permit the frequency of an alternating current supply to vary from the declared frequency by more than 3 per cent.

৫৫। গ্রাহককে সরবরাহ করা ঘোষিত ফ্রীকোয়েন্সি।—গ্রাহকের লিখিত সম্মতি ছাড়া বা রাজ্য সরকারের পূর্ব অনুমোদন ব্যতীত কোনও সরবরাহকারী পরিবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহের ফ্রীকোয়েন্সি ঘোষিত ফ্রীকোয়েন্সি হইতে শতকরা ৩ ভাগের অধিক কম-বেশী করিতে পারিবেন না।

56. Sealing of meters and cut-outs.—(1) A supplier may affix one or more seals to any cut-out and any meter, maximum demand indicator, or other apparatus placed upon a consumer's premises in accordance with section 26, and no person other than the supplier shall break any such seal.

(2) The consumer shall use all reasonable means in his power to ensure that no such seal is broken otherwise than by the supplier.

Notes

A consumer is liable for breakage of seal even if he did not break it unless he proves that he used all reasonable means to ensure that seal should not be broken.

৫৬। মিটার ও কার্ট-আউট সীল করা।—(১) ২৬নং অধ্যক্ষের অস্থায়ী গ্রাহকের বাড়ীতে স্থাপিত যে-কোনও কার্ট-আউট এবং কোনও মিটার, সর্বোচ্চ-চাহিদা-নির্দেশক যন্ত্র বা অন্য কোনও যন্ত্রপাতিতে সরবরাহকারী এক বা একাধিক সীল আঁটয়া দিতে পারেন, এবং সরবরাহকারী ভিন্ন অন্য কেহ এই সীল ভাঙিতে পারিবে না।

(২) সরবরাহকারী ভিন্ন অন্য কেহ বাহাতে এই সীল না ভাঙে তাহা নিশ্চিত করার জন্য গ্রাহককে সাধ্যানুযায়ী সবরকম সম্ভব উপায় গ্রহণ করিতে হইবে।

সংক্ষিপ্ত সন্মত

এখনকি নিজে না ভাঙিলেও একজন গ্রাহক সীল ভাঙার জন্য দায়ী হইবেন, যদি না তিনি প্রমাণ করেন যে সীল বাহাতে না ভাঙে তাহা নিশ্চিত করার জন্য তিনি সবরকম সম্ভব উপায় অবলম্বন করিয়াছিলেন।

57. Meters, maximum demand indicators and other apparatus on consumer's premises.—(1) Any meter or maximum demand indicator or other apparatus placed upon a consumer's premises in accordance with section 26 shall be of appropriate capacity and shall be deemed to be correct if its limits of error do not exceed 3 per cent above or below absolute accuracy at all loads in excess of one-tenth of full loads and up to full load.

(2) No meter shall register at no load.

(3) Every supplier shall provide and maintain in proper condition such suitable apparatus as may be prescribed or approved by the Inspector for the examination, testing and regulation of meters used or intended to be used in connection with the supply of energy :

Provided that the supplier may with the approval of the Inspector and shall, if required by the Inspector, enter into a joint arrangement with any other supplier for the purpose aforesaid.

(4) Every supplier shall examine, test, and regulate all meters, maximum demand indicators and other apparatus for ascertaining the amount of energy supplied before their first installation at the consumer's premises and at such other intervals as may be directed by the State Government in this behalf.

(5) Every supplier shall maintain a register of meters showing the date of the last test, the error recorded at the time of the test,

the limit of accuracy after adjustment and final test, the date of installation, withdrawal, reinstallation, etc., for the examination of the Inspector or his authorised representative.

৫৭। গ্রাহকের বাড়ীতে স্থাপিত মিটার, সর্বোচ্চ-চাহিদা-নির্দেশক যন্ত্র ও অন্ত্যান্ত যন্ত্রপাতি।—(১) ২৬নং অঙ্কচ্ছেদ অনুযায়ী গ্রাহকের বাড়ীতে স্থাপিত কোনও মিটার, সর্বোচ্চ-চাহিদা-নির্দেশক যন্ত্র ও অন্ত্যান্ত যন্ত্রপাতি উপযুক্ত ক্ষমতাসম্পন্ন হইতে হইবে, এবং পুরা লোডের এক-দশমাংশ অপেক্ষা বেশী এবং পুরা লোড পর্যন্ত সকল লোডে নিশ্চিত সঠিকতার শতকরা ৩ ভাগের উপরে বা নীচে যদি ভুল সীমাবদ্ধ থাকে, তবে সেইগুলি যথাযথ আছে বলিয়া ধরা হইবে।

(২) লোডশূন্য অবস্থায় কোনও মিটার কিছু নির্দেশ করিবে না।

(৩) বিদ্যুৎ সরবরাহ প্রসঙ্গে ব্যবহৃত বা ব্যবহারের জন্য উদ্দিষ্ট মিটারের পরিদর্শন, পরীক্ষা ও নিয়ন্ত্রণের জন্য পরিদর্শক কর্তৃক নির্দিষ্ট বা অনুমোদিত উপযুক্ত যন্ত্রপাতি প্রত্যেক সরবরাহকারীকে প্রস্তুত রাখিতে ও উপযুক্ত অবস্থায় রক্ষণাবেক্ষণ করিতে হইবে :

এই শর্তে যে, পরিদর্শকের অনুমোদন লইয়া সরবরাহকারী পূর্বোক্ত উদ্দেশ্যে অন্য কোনও সরবরাহকারীর সহিত যৌথ ব্যবহার চুক্তিতে আবদ্ধ হইতে পারেন, এবং পরিদর্শক প্রয়োজন মনে করিলে এইরূপ চুক্তিতে আবদ্ধ হইবেন।

(৪) গ্রাহকের বাড়ীতে প্রথম স্থাপনের পূর্বে, এবং এই ব্যাপারে রাজ্য সরকার যেমন নির্দেশ দেন সেই রকম বিরতির পরে পরে, প্রত্যেক সরবরাহকারীকে বিদ্যুৎ সরবরাহের পরিমাণ নির্ণয়ের জন্য সকল মিটার, সর্বোচ্চ-চাহিদা-নির্দেশক যন্ত্র ও অন্ত্যান্ত যন্ত্রপাতি পরিদর্শন, পরীক্ষা ও নিয়ন্ত্রণ করিতে হইবে।

(৫) পরিদর্শক বা তাহার ভারপ্রাপ্ত প্রতিনিধির পরীক্ষার জন্য প্রত্যেক সরবরাহকারীকে মিটারসমূহের বিগত পরীক্ষার তারিখ, পরীক্ষার সময় যে ভুল লক্ষিত হইয়াছিল তাহা, মেরামত ও শেষ পরীক্ষার পর সঠিকতার সীমা, স্থাপন, অপসারণ, পুনঃস্থাপনের তারিখ, প্রভৃতি লিপিবদ্ধ করিয়া একটি মিটার-রেজিস্টারী বই রাখিতে হইবে।

58. Point of commencement of supply.—The point of commencement of supply of energy to a consumer shall be deemed to be the point at the outgoing terminals of the cut-outs inserted by the supplier in each conductor of every service line other than an earthed or earthed neutral conductor or the earthed external conductor of a concentric cable at the consumer's premises.

৫৮। বিদ্যুৎ-সরবরাহ-সূচনা বিন্দু।—মাটির সহিত যুক্ত বা মাটির সহিত যুক্ত নিউট্রাল পরিবাহী অথবা এককেন্দ্রবিশিষ্ট কেবলের মাটির সহিত যুক্ত বাহিরের

পরিবাহী ব্যতীত প্রতিটি সরবরাহ লাইনের প্রত্যেকটি পরিবাহীতে সরবরাহকারী কর্তৃক প্রতি কার্ট-আউটের বাহির হইয়া আসা প্রান্ত-বিন্দুগুলিই গ্রাহকের বিদ্যুৎ-সরবরাহ-স্থচনা বিন্দু বলিয়া বিবেচিত হইবে।

59. Precautions against failure of supply: Notice of failures .—(1) The lay-out of the electric supply lines of the supplier for the supply of energy throughout his area of supply shall under normal working conditions be sectionalised and so arranged, and provided with cut-outs or circuit-breakers so located, as to restrict within reasonable limits the extent of the portion of the system affected by any failure of supply.

(2) The supplier shall take all reasonable precautions to avoid any accidental interruptions of supply and also to avoid danger to the public or to any employee or authorized persons when engaged on any operation during and in connection with the installation, extension, replacement, alteration, repair and maintenance of any works.

(3) The supplier shall send to the Inspector notice of failure of supply of such kind as the Inspector may from time to time require to be notified to him, and such notice shall be sent by the earliest practicable post after the failure occurs or after the failure becomes known to the supplier and shall be in such form and contain such particulars as the Inspector may from time to time specify.

(4) For the purposes of testing or for any other purposes connected with the efficient working of the undertaking, the supply of energy may be discontinued by the supplier for such period as may be necessary subject (except in cases of emergency) to not less than twenty-four hours' notice being given by the supplier to all classes of consumers specified by the Inspector likely to be affected by such discontinuance; and in the event of any consumer or consumers from such classes of consumers objecting, the supply of energy shall not be discontinued (except in cases of emergency), without the consent of the Inspector and subject to such conditions as he may impose.

৫৯। সরবরাহ-বিরতির বিরুদ্ধে সতর্কতা : বিরতির নোটিস্—

(১) লাধারণ কার্যকর অবস্থায় সরবরাহকারীকে তাহার সমগ্র সরবরাহ-এলাকার বিদ্যুৎ সরবরাহের জন্য সরবরাহ লাইনগুলিকে শাখাভিত্তক ও এমনভাবে বিভাজন করিতে হইবে, এবং এমনভাবে কাট-আউট বা সার্কিট-ব্রেকার বসাইতে হইবে, যাহাতে সরবরাহ-বিরতির দ্বারা ক্ষতিগ্রস্ত অংশ যুক্তিসঙ্গত এলাকার মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে ।

(২) যে-কোনও আকস্মিক সরবরাহ-বিরতি এড়াইবার জন্য সরবরাহকারীকে সবরকম যুক্তিসঙ্গত সাবধানতা অবলম্বন করিতে হইবে, এবং অনসাধারণের অথবা কোন যন্ত্রপাতি স্থাপন, সম্প্রসারণ, প্রতিস্থাপন, পরিবর্তন, মেরামত ও রক্ষণাবেক্ষণের ব্যাপারে কাজে নিযুক্ত কোনও কর্মচারীর বা তারপ্রাপ্ত ব্যক্তির বিপদ এড়াইবার জন্যও তাহাকে অগ্ররূপ সাবধানতা অবলম্বন করিতে হইবে ।

(৩) সরবরাহ-বিরতি সম্পর্কে সময় সময় পরিদর্শক যে ধরনের নোটিস্ চাহিবেন, সেই ধরনের নোটিস্ সরবরাহকারী পরিদর্শককে পাঠাইতে বাধ্য থাকিবেন, এবং এইরূপ নোটিস্ বিরতি ঘটান কিংবা বিরতির কথা জানানার পরই যত তাড়াতাড়ি সম্ভব সরবরাহকারীকে ডাকে পাঠাইতে হইবে, এবং তাহা সময় সময় পরিদর্শক যেক্রমে নির্দিষ্ট করিয়া দিবেন সেইরূপ কর্ম-এ লিখিত আর সেইরূপ খুঁটিনাটি খবর সমন্বিত হইতে হইবে ।

(৪) (জরুরী অবস্থা ভিন্ন অন্য সকল ক্ষেত্রে) সরবরাহ বন্ধের দ্বারা ক্ষতিগ্রস্ত হইতে পারে পরিদর্শক কর্তৃক নির্দিষ্ট এমন সকল শ্রেণীর গ্রাহককে অনধিক চব্বিশ ঘণ্টার নোটিস্ দিয়া পরীক্ষার উদ্দেশ্যে কিংবা প্রতিষ্ঠানের দক্ষ পরিচালন ব্যবস্থার সহিত সম্পর্কিত যে-কোনও উদ্দেশ্যে যতক্ষণ প্রয়োজন ততক্ষণের জন্য সরবরাহকারী বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ রাখিতে পারিবেন ; এবং যদি উক্ত শ্রেণীসমূহের অন্তর্গত গ্রাহকদ্বয়ের মধ্যে কোনও গ্রাহক বা গ্রাহকগণ আপত্তি করেন, তবে (জরুরী অবস্থা ব্যতীত) পরিদর্শকের সম্মতি ছাড়া এবং তাহার আরোপিত শর্তসমূহ পালন না করিয়া বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ করা চলিবে না ।

.CHAPTER VI
ELECTRIC SUPPLY LINES, SYSTEMS AND APPARATUS
FOR LOW AND MEDIUM VOLTAGES

ষষ্ঠ পৰিচ্ছেদ

**নিম্ন ও মাঝারি ভলিউ-চাপের জন্ত বৈদ্যুতিক সরবরাহ
লাইন, ব্যবস্থা ও যন্ত্রপাতি**

60. Test for resistance of insulation.—(1) Where any electric supply line for use at low or medium voltage has been disconnected from a system for the purpose of addition or alteration or repair, such electric supply line shall not be reconnected to the system until the supplier or the owner has applied the test prescribed under rule 48.

(2) The provision of sub-rule (1) shall not apply to overhead lines except overhead insulated cables unless the Inspector otherwise directs in any particular case.

৬০। অন্তরগের রোধ পরীক্ষা।—(১) যেখানে নিম্ন বা মাঝারি ভলিউ-চাপে ব্যবহারের জন্ত বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইনকে সংযোজন বা পরিবর্তন বা মেরামতের উদ্দেশ্যে সরবরাহ ব্যবস্থা হইতে বিযুক্ত করা হইয়াছে, সেখানে সরবরাহকারী বা মালিক ৪৮নং নিয়ম অনুযায়ী পরীক্ষা প্রয়োগ করার পূর্বে উক্ত বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন পুনরায় সরবরাহ ব্যবস্থার সহিত যুক্ত করা চলিবে না।

(২) কোনও বিশেষ ক্ষেত্রে পরিদর্শক অনুরূপ নির্দেশ না দিলে মাথার উপরের অন্তর্গত (insulated) কেবুলসমূহ ব্যতীত খোলা জায়গায় মাথার উপর দিয়া টানা লাইনের সম্পর্কে ১নং উপনিয়মের বিধান প্রযোজ্য হইবে না।

61. Connection with earth.—(1) The following provisions shall apply to the connection with earth of systems at low voltage [between phase or outers] in cases where the voltage [between phase or outers] normally exceeds 125 volts and of systems at medium voltage [between phase or outers] :—

(a) The neutral conductor of a three-phase, four-wire system, and the middle conductor of a two-phase, three-wire system shall be earthed by not less than two separate and distinct connections

with earth both at the generating station and at the sub-station. It may also be earthed at one or more points along the distribution system or service line in addition to any connection with earth which may be at the consumer's premises.

(b) In the case of a system comprising electric supply lines having concentric cables, the external conductor of such cables shall be earthed by two separate and distinct connections with earth.

(c) The connection with earth may include a link by means of which the connection may be temporarily interrupted for the purpose of testing or for locating a fault.

(d) (i) In a direct-current three-wire system the middle conductor shall be earthed at the generating station only, and the current from the middle conductor to earth shall be continuously recorded by means of a recording ammeter, and if at any time the current exceeds one thousandth part of the maximum supply-current, immediate steps shall be taken to improve the insulation of the system.

(ii) Where the middle conductor is earthed by means of a circuit-breaker with resistance connected in parallel, the resistance shall not exceed 10 ohms and on the opening of the circuit-breaker, immediate steps shall be taken to improve the insulation of the system, and the circuit-breaker shall be reclosed as soon as possible.

(iii) The resistance shall be used only as a protection for the ammeter in case of earths on the system and until such earths are removed. Immediate steps shall be taken to locate and remove the earth.

(e) In the case of an alternating current system there shall not be inserted in the connection with earth any impedance (other than that required solely for the operation of switchgear or instruments), cut-out or circuit-breaker, and the result of any test made to ascertain whether the current (if any) passing through the connection with earth is normal, shall be duly recorded by the supplier.

(f) No person shall make connection with earth by the aid of, nor shall he keep it in contact with any water main not belonging to him except with the consent of the owner thereof and of the Inspector.

(g) Alternating current systems which are connected with earth as aforesaid may be electrically interconnected :

Provided that each connection with earth is bonded to the metal sheathing and metallic armouring (if any) of the electric supply lines concerned.

(2) The frame of every generator, stationary motor, and so far as is practicable, portable motor, and the metallic parts (not intended as conductors) of all transformers and any other apparatus used for regulating or controlling energy and all medium voltage energy consuming apparatus shall be earthed by the owner by two separate and distinct connections with earth.

(3) All metal casings or metallic coverings containing or protecting any electric supply line or apparatus shall be connected with earth and shall be so joined and connected across all junction boxes and other openings as to make good mechanical and electrical connection throughout their whole length :

Provided that where the supply is at low voltage, this sub-rule shall not apply to isolated wall tubes or to brackets, electroliers, switches, ceiling fans or other fittings (other than portable hand lamps and portable and transportable apparatus) unless provided with earth terminal :

Provided further that where the supply is at low voltage and where the installations are either new or renovated, all plug sockets shall be of the three-pin type, and the third pin shall be permanently and efficiently earthed.

This sub-rule shall come into force immediately in the case of new installations, and in the case of existing installations the provisions of this sub-rule shall be complied with before the expiry of a period of two years from the commencement of those rules.

(4) All earthing systems shall, before electric supply lines or apparatus are energised, be tested for electrical resistance to ensure efficient earthing.

(5) All earthing systems belonging to the supplier shall, in addition, be tested for resistance on dry day during the dry season not less than once every two years.

(6) A record of every earth test made and the result thereof shall be kept by the supplier for a period of not less than two years after the day of testing and shall be available to the Inspector or an officer appointed to assist the Inspector and holding Gazetted rank when required.

৬১। মাটির সহিত সংযোগ।—(১) নিম্ন তড়িৎ-চাপের সরবরাহ ব্যবস্থায় যে-সকল ক্ষেত্রে তড়িৎ-চাপ [ফেজের অথবা আউটারের মধ্যবর্তী] সাধারণতঃ ১২৫ ভোল্টের বেশী হয়, এবং মাঝারি তড়িৎ-চাপের সরবরাহ ব্যবস্থায় মাটির সহিত সরবরাহ ব্যবস্থার সংযোগের ক্ষেত্রে নিম্নলিখিত বিধানগুলি প্রযোজ্য হইবে :—

(ক) বিদ্যুৎ-উৎপাদন কেন্দ্রে এবং উপকেন্দ্রে তিন-ফেজ, চার-তার বিশিষ্ট সরবরাহ ব্যবস্থার নিউট্রাল পরিবাহীকে এবং দুই-ফেজ, তিন-তার বিশিষ্ট সরবরাহ ব্যবস্থার মাঝের পরিবাহীকে দুইটি পৃথক ও স্বতন্ত্র সংযোজকের দ্বারা মাটির সহিত যুক্ত করিতে হইবে। গ্রাহকের বাড়ীতে মাটির সহিত সংযোগ ছাড়াও সরবরাহ ব্যবস্থার বা সরবরাহ লাইনের এক বা একাধিক অংশে ইহাকে মাটির সহিত যুক্ত করা যাইতে পারে।

(খ) এককেন্দ্র বিশিষ্ট কেব্লের সাহায্যে তৈরী বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইনের ক্ষেত্রে এই সকল কেব্ল-এর বাহিরের পরিবাহীকে দুইটি পৃথক ও স্বতন্ত্র সংযোজকের দ্বারা মাটির সহিত যুক্ত করিতে হইবে।

(গ) মাটির সহিত সংযোগ একটি সংযোজক (link) সমন্বিত হইতে পারে যাহার দ্বারা পরীক্ষা বা ত্রুটি চিহ্নিত করার উদ্দেশ্যে ঐ সংযোগ সাময়িকভাবে খুলিয়া দেওয়া যায়।

(ঘ) (১০) অস্থবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহের তিন-তার বিশিষ্ট সরবরাহ ব্যবস্থায় মাঝের পরিবাহীকে একমাত্র বিদ্যুৎ-উৎপাদন কেন্দ্রে মাটির সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে, এবং মাঝের পরিবাহী হইতে মাটির দিকে প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ একটি নির্দেশকারী অ্যাম্পিটারের সাহায্যে অবিরাম পরিমাপ করা হইবে, এবং যদি কখনও এই প্রবাহ সরবরাহ-করা সর্বাধিক তড়িৎ-প্রবাহের এক-সহস্রাংশ অপেক্ষা বেশী হয়, তবে অবিলম্বে সরবরাহ ব্যবস্থার অন্তরণের মান উন্নত করার উপায় গ্রহণ করিতে হইবে।

(৮০) যেখানে যাবের পরিবাহীর সহিত প্যারাললে একটি রোধক সংযুক্ত করিয়া উহাকে একটি সার্কিট-ব্রেকারের সাহায্যে মাটির সহিত যুক্ত করা হয়, সেখানে রোধকের রোধ ১০ ওমের বেশী হইবে না, এবং সার্কিট-ব্রেকার খুলিয়া গেলে সরবরাহ ব্যবস্থার অন্তরণের মান উন্নত করার জন্য অবিলম্বে উপায় গ্রহণ করিতে হইবে, এবং যত শীঘ্র সম্ভব সার্কিট-ব্রেকার পুনরায় বন্ধ করিয়া দিতে হইবে।

(৮০) মাটির সহিত সরবরাহ ব্যবস্থার সংযোগ ঘটিলে এবং সেই সংযোগ দূর না করা পর্যন্ত কেবলমাত্র অ্যান্টিটারের নিয়ন্ত্রণের জন্য রোধকটি ব্যবহৃত হইবে। মাটির সহিত সংযোগ খুঁজিয়া বাহির করা ও তাহা অপসারণের জন্য অবিলম্বে তৎপর হইতে হইবে।

(৮১) পরিবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহের সরবরাহ ব্যবস্থার মাটির সহিত সংযোগের মধ্যে (কেবলমাত্র সুইচগিয়ার বা যন্ত্রপাতি পরিচালনার জন্য যাহা প্রয়োজন তাহা বাদে) কোনও ইম্পিড্যান্স, কাট-আউট বা সার্কিট-ব্রেকার প্রতিষ্ঠা করা চলিবে না, এবং মাটির সহিত সংযোগের মধ্য দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ-প্রবাহের (যদি প্রবাহিত হয়) পরিমাণ স্বাভাবিক কিনা তাহা পরীক্ষা করার পরে সেই পরীক্ষার ফল যথারীতি সরবরাহকারীকে লিপিবদ্ধ করিতে হইবে।

(৮২) কেবলমাত্র মালিক ও পরিদর্শকের সম্মতি ছাড়া কোন ব্যক্তি নিজের সম্পত্তি নহে এইরূপ জলবাহী নলের সাহায্যে মাটির সহিত সংযোগ করিতে বা ঐ নলের সহিত সংযোগের কোনও সংস্পর্শ রাখিতে পারিবে না।

(৮৩) পরিবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহের যে-সকল সরবরাহ ব্যবস্থা পূর্বোক্ত উপায়ে মাটির সহিত যুক্ত হইয়াছে, তাহাদের বৈদ্যুতিকভাবে পরস্পর যুক্ত করা যাইতে পারে :

এই শর্তে যে, মাটির সহিত প্রতিটি সংযোগ যেন সংশ্লিষ্ট বিদ্যুৎ সরবরাহ লাইনগুলির ধাতুর খোল ও ধাতব আচ্ছাদনের (যদি থাকে) সহিত সংযুক্ত থাকে।

(৮৪) প্রতিটি জেনারেটর, একই জায়গায় অবস্থিত মোটর, এবং যতটা সম্ভব বহনযোগ্য মোটরের কার্ঠামো, এবং সকল ট্রান্সফরমার ও বিদ্যুৎ পরিচালন বা নিয়ন্ত্রণের জন্য ব্যবহৃত অন্ত কোন যন্ত্র এবং মাঝারি তড়িৎ-চাপে ব্যবহারের উপযোগী সকল যন্ত্রপাতির ধাতব অংশ (যাহা পরিবাহী হিসাবে ব্যবহৃত হইবে না) দুইটি পৃথক ও স্বতন্ত্র সংযোগ দ্বারা মালিক কর্তৃক মাটির সহিত যুক্ত হইবে।

(৮৫) কোনও বিদ্যুৎ সরবরাহ লাইন বা যন্ত্রপাতি ধারণ বা রক্ষা করার জন্য ব্যবহৃত সকল ধাতব আচ্ছাদন বা আবরণকে মাটির সহিত যুক্ত করিতে হইবে, এবং সেইগুলি এমনভাবে সকল সংযোগ বাস্কে বা অনুরূপ উন্মুক্ত প্রান্তে জুড়িয়া দিতে এবং সংযুক্ত করিতে হইবে যাহাতে তাহাদের সমগ্র দৈর্ঘ্যের ভিতর ভালভাবে যান্ত্রিক ও বৈদ্যুতিক সংযোগ হয় :

এই শর্তে যে, যেখানে নিম্ন তড়িৎ-চাপে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয়, সেখানে বিচ্ছিন্ন দেওয়াল-নল, ব্র্যাকেট, বিজলিবাতির গুচ্ছ, সুইচ, সীলিং-পাখা বা অন্যান্য সরঞ্জামের (বহনযোগ্য হাত-বাতি এবং বহন ও পরিবহন যোগ্য যন্ত্রপাতি ছাড়া)

ক্ষেত্রে উহারের গারে মাটির সহিত সংযোগের প্রান্ত রাখা না থাকিলে এই উপনিয়ম প্রযোজ্য হইবে না :

আরও এই শর্তে যে, যেখানে নিম্ন তড়িৎ-চাপে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয় এবং যেখানে বৈদ্যুতিক স্থাপনা সম্পূর্ণ নতুন বা নবরূপ প্রাপ্ত, সেখানে সমস্ত প্লাগ-সকেট তিনটি পিন সমন্বিত হইবে এবং তৃতীয় পিনটি স্থায়ী ও উপযুক্ত ভাবে মাটির সহিত যুক্ত থাকিবে।

নতুন বৈদ্যুতিক স্থাপনার ক্ষেত্রে এই উপনিয়ম অবিলম্বে প্রযোজ্য হইবে, এবং বর্তমান স্থাপনার ক্ষেত্রে এই উপনিয়মের বিধানগুলি ঐ সকল নিয়ম শুরু হওয়ার পরে দুই বৎসর অতিক্রান্ত হওয়ার পূর্বেই প্রতিপালিত হইবে।

(৪) মাটির সহিত সংযোগ-ব্যবস্থা উপযুক্ত কর্মক্ষমতা সম্পন্ন কিনা সেই সম্বন্ধে নিশ্চয়তার জন্য বৈদ্যুতিক সরবরাহ লাইন বা যন্ত্রপাতিতে বিদ্যুৎ সকালনের পূর্বে মাটির সহিত সকল সংযোগ ব্যবহার বৈদ্যুতিক রোধ পরীক্ষা করিয়া দেখিতে হইবে।

(৫) উপরন্তু, সরবরাহকারীর মাটির সহিত সকল সংযোগ ব্যবহার রোধ শুষ্ক ঋতুতে শুষ্ক দিনে প্রতি দুই বৎসর অন্তর কমপক্ষে একবার করিয়া পরীক্ষা করিতে হইবে।

(৬) পরীক্ষার দিন হইতে অন্যান্য দুই বৎসর পর্যন্ত সরবরাহকারীকে মাটির সহিত প্রতিটি সংযোগ পরীক্ষার রেকর্ড ও তাহার ফলাফল রক্ষা করিতে হইবে, এবং যখন প্রয়োজন হইবে তখন তাহা পরিদর্শক বা পরিদর্শককে সহায়তা করার জন্য নিযুক্ত ও গেজেটেড পদমর্যাদা সম্পন্ন কোন কর্মচারীর নিকট পেশ করিতে হইবে।

62. Systems at medium voltage.—Where a medium voltage supply system is employed, the voltage between earth and any conductor forming part of the same system shall not, under normal conditions, exceed low voltage.

৬২। মাঝারি তড়িৎ-চাপের সরবরাহ ব্যবস্থাসমূহ।—যেখানে মাঝারি তড়িৎ-চাপের সরবরাহ ব্যবস্থা ব্যবহৃত হয়, সেখানে মাটির সহিত সংযোগ আর ঐ ব্যবহার যে-কোন অংশের পরিবাহীর মধ্যকার তড়িৎ-চাপ, সাধারণ অবস্থায়, নিম্ন তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা বেশী হইবে না।

মৌখিক পরীক্ষার প্রশ্নাবলী

ও

ভাষাভেদে সংক্ষিপ্ত উত্তর

১নং প্রশ্ন। সাধারণতঃ কি কি কাজে ডি. সি. মোটর ব্যবহৃত হয় ?

উত্তর। রেলওয়ে, ট্রাম, ট্রলিবাস, লিফ্ট, কাগজ তৈরীর মেশিন, ইস্পাত তৈরীর কারখানার কোন কোন মেশিন প্রভৃতি পরিচালনার কাজে সাধারণতঃ ডি. সি. মোটর ব্যবহৃত হয়।

২নং প্রশ্ন। ডি. সি. মোটর ব্যবহারে কি কি সুবিধা পাওয়া যায় ?

উত্তর। চালু করিবার সময় ডি. সি. মোটর খুব বেশী পরিমাণ ঘূর্ণক (torque) উৎপন্ন করিতে পারে, তাই পূর্বা লোডসহ এই মোটর চালু করা যায়। নির্দিষ্ট গতিবেগ অংশে অনেক কম বা অনেক বেশী গতিবেগ পর্যন্ত মোটরের আবর্তনকে ধীরে ধীরে কমানো বা বাড়ানো চলে, আব প্রয়োজনমত আবর্তনের অভিমুখ সহজেই বিপরীত করা যাইতে পারে।

৩নং প্রশ্ন। সাধারণতঃ ডি. সি. জেনারেটর কত ভোল্ট উৎপন্ন করে এবং উহাদের গতিবেগ কত হয় ?

উত্তর। ডি. সি. জেনারেটরের সাহায্যে গৃহস্থালীর কাজ ও কলকারখানার জগ্ন ৬ ভোল্ট হইতে ৪৫০ ভোল্ট পর্যন্ত, আর রেলওয়ে, ট্রাম, ট্রলিবাস প্রভৃতি পরিচালনার জগ্ন ৬০০ ভোল্ট হইতে ৭৫০ ভোল্ট পর্যন্ত উৎপন্ন করা হয়।

ছোট ছোট জেনারেটর মিনিটে ৩০০ হইতে ১৮০০ পাক পর্যন্ত ঘোরে। উহাদের সাধারণতঃ বেল্ট (belt)-এর সাহায্যে প্রাইম মুভারের সহিত যুক্ত করা হয়। আর তৈল অথবা বাষ্প চালিত ইঞ্জিনের সাহায্যে যে-সকল বড় জেনারেটর পরিচালিত হয়, উহাদের গতিবেগ সাধারণতঃ প্রতি মিনিটে ২৫০ পাক হইয়া থাকে।

৪নং প্রশ্ন। ডি. সি. জেনারেটর ও মোটরের প্রধান অংশগুলির নাম বল।

উত্তর। একটি ডি. সি. জেনারেটর বা একটি ডি. সি. মোটর বাহিরের কাঠামো বা ইয়োক, ফীল্ড-পোল, পোল-শু, ফীল্ড-কয়েল, আর্মেচার-কোর, আর্মেচার-ওয়াইণ্ডিং, কমুটেটর, ব্রাশ, ব্রাশ-হোল্ডার, বেরারিং, শাফ্ট প্রভৃতি লইয়া গঠিত।

৫নং প্রশ্ন। ডি. সি. মোটরকে জেনারেটর হিসাবে পরিচালনা করা সম্ভব কি ?

উত্তর। ডি. সি. মোটরকে প্রাইম মুভারের সাহায্যে ঘুরাইলেই উহা জেনারেটর হিসাবে বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপাদন করিতে আরম্ভ করে। তবে জেনারেটর হিসাবে ব্যবহারের পূর্বে উহার সংযোগ আর ব্রাশের স্থান পরিবর্তন করা প্রয়োজন হয়।

৬নং প্রশ্ন। ডি. সি. জেনারেটর বা মোটরকে সাধারণভাবে যত উত্তাপে পরিচালনা করা হয়, তাহা অংশে বেশী উত্তাপে চালানো সম্ভব কি ? কি কারণে অধিক উত্তাপ সৃষ্টি হয় ?

উত্তর। ডি. সি. জেনারেটর বা মোটর সর্বোচ্চ বত উত্তাপে ব্যবহার করা যায়, তাহা এই মেলিনের কয়েলের জন্ত ব্যবহৃত অন্তরণের গুণের উপর নির্ভর করে। সাধারণ শ্রেণীর অন্তরণ (common insulation), যথা—সিল্ক, কার্পাস, কাগজ ইত্যাদি ব্যবহার করিলে উত্তাপ ১০০ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড (বুদ্ধি ৬০ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড) পর্যন্ত রাখা চলে। যেখানে অল্প, অ্যাসবেস্টস্ প্রভৃতি অন্তরণ ব্যবহার করা হয়, সেখানে ১২৫ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড (বুদ্ধি ৮৫ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড) পর্যন্ত উত্তাপে মেলিন পরিচালনা করা সম্ভব। যে-সকল মেলিন চকিশ-ঘণ্টা অনবরত চলে, তাহাদের ক্ষেত্রে প্রস্তুতকারক-গণ ৩৫ ডিগ্রী বা ৪০ ডিগ্রী বা ৫০ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডের বেশী উত্তাপ বুদ্ধি অস্বাভাবিক করেন না।

আর্মেচার-কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার জন্তই মেলিনে উত্তাপ সৃষ্টি হয়। যদি অন্ত কোন দোষ না থাকে, তবে অতিরিক্ত লোডসহ চলার জন্তই মেলিন অধিক পরিমাণে উত্তপ্ত হইয়া ওঠে।

৭নং প্রশ্ন। ডি. সি. জেনারেটরে ফীল্ড-পোল ব্যবহার করা হয় কেন? এই পোলগুলি পাতলা পাতলা ইম্পাতের পাত দিয়া কেন তৈরী হয়?

উত্তর। ফীল্ড-পোল শক্তিশালী চুম্বক তৈরী করে এবং আর্মেচারের পরিবাহী এই চুম্বকের দ্বারা উৎপন্ন বলরেখাসমূহ কর্তন করে বলিয়া আর্মেচারের ওয়াইণ্ডিংয়ে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়।

আর্মেচার-কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার সময় আর্মেচার-কোর তড়িৎ-চুম্বকে পরিণত হইয়া চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন করে। আর্মেচার যখন ঘূর্ণিতে থাকে, তখন এই সকল বলরেখা ফীল্ড-পোলের অগ্রভাগ কর্তন করে; ফলে পোল-শ্ ও অন্ত্রাণ্ড অংশ এক আবর্ত প্রবাহের সৃষ্টি হয় (এই পুস্তকের ১৭ ও ১৮ পৃষ্ঠা দেখ)। ফীল্ড-পোল ইনসুলেট করা পাতলা পাতলা ইম্পাতের পাত দিয়া তৈরী করিলে আবর্ত প্রবাহের পরিমাণ কম থাকে, আর পোল-শ্তে বৈদ্যুতিক শক্তির অপচয়ও খুব কম হয়।

৮নং প্রশ্ন। ডি. সি. জেনারেটরে কম্যুটেটারের প্রয়োজনীয়তা কি?

উত্তর। ডি. সি. জেনারেটরের আর্মেচার-কয়েলে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপ পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ উৎপন্ন করে। এই পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহকে অল্পবর্তী তড়িৎ-প্রবাহরূপে বাহিরের বর্তনীতে প্রেরণ করিবার জন্তই কম্যুটেটার ও ব্রাশের প্রয়োজন হয়।

৯নং প্রশ্ন। ভাল ব্রাশ-হোল্ডারের কি কি গুণ থাকা প্রয়োজন?

উত্তর। (১) ব্রাশ-হোল্ডার ও ব্রাশের ভিতর স্পার্ক (spark) দেখা দিবে না বা বেশী তাপ উৎপন্ন হইবে না।

(২) কম্যুটেটারের সহিত ব্রাশের সংযোগ যেন ঠিক হয়।

(৩) কম্যুটেটারের উপরিভাগ-বেয়ন বাঁকা, ব্রাশকেও যেন সেইরূপ উপযুক্ত কোণ উৎপন্ন করিয়া ব্রাশ-হোল্ডার ঠিক আয়ুগায় ধরিয়া রাখিতে পারে।

(৪) ব্রাশ-হোল্ডারের আকৃতি এমন হওয়া চাই যাহাতে ব্রাশ সহজেই তাহার ভিতর যাতায়াত করিতে পারে।

১০নং প্রশ্ন। ডি. সি. জেনারেটোরের তড়িৎ-চাপ কোন্ তিনটি বিষয়ের উপর নির্ভরশীল ?

উত্তর। (১) চুম্বক ক্ষেত্রের বলরেখা, (২) আর্মেচারের গতিবেগ, আর (৩) আর্মেচারের পরিবাহীর সংখ্যা।

১১নং প্রশ্ন। সেলফ্-এক্সাইটেড জেনারেটর ও সেপারেটলি-এক্সাইটেড জেনারেটোরের মধ্যে পার্থক্য বুঝাইয়া দাও।

উত্তর। যে-জেনারেটোরের আর্মেচারে উৎপন্ন তড়িৎ-প্রবাহের সমগ্র অথবা কিছু অংশ উহার নিজের ফীল্ড-কয়েল দিয়া প্রবাহিত হয়, তাহাকে সেলফ্-এক্সাইটেড জেনারেটর বলে, আর যে জেনারেটোরের ফীল্ড-কয়েল দিয়া বাহিরের অন্য কোন স্থান হইতে অল্পবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ পাঠানো হয়, তাহাকে বলে সেপারেটলি-এক্সাইটেড জেনারেটাব।

১২নং প্রশ্ন। কিভাবে ডি. সি. জেনারেটোরের ভোল্টেজ পরিবর্তন (কম-বেশী) করা যায় ?

উত্তর। ডি. সি. জেনারেটোরের ফীল্ড-সারকিটে একটি পরিবর্তনশীল রোধক সংযুক্ত করা থাকে। এই রোধক ফীল্ড-রেগুলেটর নামে পরিচিত। সাধারণতঃ এই রেগুলেটরের রোধ কম-বেশী করিয়া, অর্থাৎ ফীল্ডের কারেন্ট পরিবর্তন করিয়া, জেনারেটোরের ভোল্টেজ পরিবর্তন করা হয়।

১৩নং প্রশ্ন। সেলফ্-এক্সাইটেড জেনারেটর কিভাবে ভোল্টেজ উৎপাদন করে ? কি কি কারণে এই জেনারেটর ভোল্টেজ উৎপাদন করিতে অক্ষম হয় ?

উত্তর। সেলফ্-এক্সাইটেড জেনারেটর উহার নির্দিষ্ট গতিবেগে ঘুরিতে আরম্ভ করা মাত্র আর্মেচারের পরিবাহীদ্বয় অংশেব চুম্বকত্বের (residual magnetism) দরুন ফীল্ড সারকিটে যে অল্পপাখ্যক চুম্বক বলরেখা থাকিয়া যায়, তাহাদের ছেদ করে ; ফলে আর্মেচারে খুব অল্প পরিমাণ তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয়। এই তড়িৎ-চাপ ফীল্ড দিয়া কিছু কাবেট পাঠায়, আব ইহাতে চুম্বক বলরেখা ও সেই সঙ্গে তড়িৎ-চাপ বৃদ্ধি পায়। প্রতিবার ফীল্ড-কয়েল দিয়া যে কাণ্টেট প্রবাহিত হয়, তাহা আর্মেচারের তড়িৎ-চাপকে বৃদ্ধি করে, পরিবর্তে সেই বর্ধিত তড়িৎ-চাপ ফীল্ড-সারকিটে পূর্ণাঙ্গকা বেশী কারেন্ট সংবরণ করে। এইভাবে জেনারেটরে উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ ধাপে ধাপে বৃদ্ধি পাইতে থাকে এবং অবশেষে আর্মেচারে পূর্ণা ভোল্টেজ উৎপন্ন হয় (১০৮ ও ১০৯ পৃষ্ঠা দেখ)।

সেলফ্-এক্সাইটেড জেনারেটর ভোল্টেজ উৎপাদন করিতে অক্ষম হয় নিম্নলিখিত কারণে—

(১) জেনারেটর অনেকদিন অব্যবহৃত থাকার ফীল্ড-সারকিটের অবশেষ-চুম্বকত্ব নষ্ট হইয়া গেলে ;

- (২) আর্মেচারের গতিবেগ খুব কম হইলে ;
- (৩) কম্যুটেটোরের সহিত ব্রাশের সংযোগ ঠিকমত না থাকিলে ;
- (৪) জেনারেটোরের খুব বেশী পরিমাণে অতিরিক্ত লোড পড়িলে ;
- (৫) ফীল্ড-সারকিট খুলিয়া গেলে কিংবা উহার রোধ খুব বেশী হইলে ।

১৪নং প্রশ্ন। আর্মেচার রিয়াকশন বা আর্মেচার-চুম্বকত্বের প্রতিক্রিয়া কাহাকে বলে ?

উত্তর। একটি ডি. সি. মেশিন যতক্ষণ চলে, ততক্ষণ উহার আর্মেচার-কয়েল দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকে। ইহাতে আর্মেচার একটি তড়িৎ-চুম্বকে পরিণত হয় এবং নিজস্ব একটি চুম্বক-ক্ষেত্র সৃষ্টি করে (৬৭ পৃষ্ঠা দেখ)। আর্মেচার-কয়েল দিয়া যত বেশী কারেন্ট প্রবাহিত হয়, আর্মেচার-কোর তত বেশী চুম্বক বলরেখা উৎপন্ন করিতে থাকে। এই বলরেখা ফীল্ডের চুম্বক বলরেখার কিছু অংশ নষ্ট করিয়া দেয়, আর ফীল্ড-সারকিটের সমবেত বলরেখার অভিমুখ পরিবর্তন করে। ফীল্ডের চুম্বক-ক্ষেত্রের উপর আর্মেচারের চুম্বক-ক্ষেত্রের এই প্রভাবকেই ইংরাজিতে ‘আর্মেচার রিয়াকশন’ বা বাংলায় ‘আর্মেচারের প্রতিক্রিয়া’ বলে।

১৫নং প্রশ্ন। ফীল্ডের সংযোগ অস্থায়ী তিন প্রকার জেনারেটোরের নাম বল। বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রে সাধারণতঃ কোন্ শ্রেণীর জেনারেটোর ব্যবহার করা হয় ?

উত্তর। ফীল্ডের সংযোগ অস্থায়ী সাল্ট, সিরিজ ও কম্পাউণ্ড—এই তিন শ্রেণীর জেনারেটোর দেখিতে পাওয়া যায়। বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রে সাধারণতঃ কম্পাউণ্ড জেনারেটোর ব্যবহার করা হয়। দূরবর্তী লোড-সারকিটের জন্য ‘ওভার কম্পাউণ্ডেড জেনারেটোর’ আর নিকটবর্তী লোড-সারকিটের জন্য ‘ফ্ল্যাট কম্পাউণ্ডেড জেনারেটোর’ ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

১৬নং প্রশ্ন। লোডের পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে সাল্ট জেনারেটোরের ভোল্টেজ কিভাবে পরিবর্তিত হয় ? ভোল্টেজের এই পরিবর্তন ভাল না খারাপ ?

উত্তর। লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে সাল্ট জেনারেটোরের ভোল্টেজ কমিতে আরম্ভ করে। লোড যদি হঠাৎ বাড়ে, ভোল্টেজ সঙ্গে সঙ্গে কমিয়া যায় ; আবার হঠাৎ সম্পূর্ণ লোড অপসারিত হইলে ভোল্টেজ বৃদ্ধি পায়। ভোল্টেজের এই পরিবর্তন অস্ববিধাজনক এবং ইহার ফলাফল খারাপ।

১৭নং প্রশ্ন। ‘ফ্ল্যাট’ অথবা ‘লেভেল কম্পাউণ্ডেড’ জেনারেটোর ও ‘ওভার কম্পাউণ্ডেড’ জেনারেটোরের মধ্যে পার্থক্য কি ?

উত্তর। সিরিজ ফীল্ডের সাহায্যে পুরা লোডে যখন কোন কম্পাউণ্ড জেনারেটোরের প্রান্তিক চাপ উহার লোডশূন্য অবস্থায় উৎপন্ন তড়িৎ-চাপের সমান থাকে, তখন সেই মেশিনকে ‘ফ্ল্যাট কম্পাউণ্ডেড জেনারেটোর’ বলা হয়।

যখন পুরা লোডে কোন জেনারেটোরের প্রান্তিক চাপ উহার লোডশূন্য অবস্থায় উৎপন্ন তড়িৎ-চাপ অপেক্ষা অধিক হয়, তখন সেই মেশিনকে ‘ওভার কম্পাউণ্ডেড জেনারেটোর’ বলে।

১৮নং প্রশ্ন। একটি বড় জেনারেটোরের পরিবর্তে অপেক্ষাকৃত ছোট ছোট কয়েকটি জেনারেটোর একত্রে প্যার্যাললেলে পরিচালনা করার সুবিধা কি ?

উত্তর। (এই প্রশ্নের উত্তর ১১১ ও ১১২ পৃষ্ঠায় দেখ।)

১৯নং প্রশ্ন। একাধিক জেনারেটোর প্যার্যাললেলে পরিচালনা করিতে হইলে তাহাদের মধ্যে কি কি সমতা থাকা উচিত ?

উত্তর। (১) প্রত্যেক মেশিনের প্রাথমিক চাপ (terminal voltage) সমান হইবে।

(২) একই বাস-বারের সহিত সংযুক্ত প্রান্তগুলির 'পোলারিটি' একই হইবে।

(৩) প্রত্যেক মেশিনের 'কম্পাউণ্ডিং এফেক্ট' (compounding effect) সমান হইবে।

(৪) প্রত্যেক মেশিনের সিরিজ ফীল্ডের রোধ উহার ক্ষমতার বিপরীত অল্পপাতি হওয়া চাই, অর্থাৎ যে মেশিনের ক্ষমতা যত বেশী, উহার সিরিজ ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্সও তত কম হওয়া দরকার।

২০নং প্রশ্ন। একাধিক কম্পাউণ্ড জেনারেটোর প্যার্যাললেলে ব্যবহার করিতে হইলে 'ষ্টেকোয়ালাইজার' সংযোগের প্রয়োজন হয় কেন ?

উত্তর। একাধিক কম্পাউণ্ড জেনারেটোর যখন প্যার্যাললেলে চলে, তখন কোন কারণে একটি জেনারেটোর অধিক পরিমাণ লোড লইতে আরম্ভ করিলে কিছুক্ষণের মধ্যেই সমস্ত লোড ঐ জেনারেটোরের ঘাড়ে আসিয়া পড়ে, আর অন্যান্য জেনারেটোব হইতে লোড আপনা আপনি সরিয়া যায় (১১৭ পৃষ্ঠা দেখ)। এই অসুবিধা দূর করিবার জন্ত প্রত্যেক মেশিনের সিরিজ ফীল্ডের যে প্রান্ত আর্মচারের সহিত যুক্ত থাকে, সেই প্রান্ত একটি অতিরিক্ত বাস-বারের সহিত সংযুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। এই বাস-বারকেই ইংরাজিতে 'ষ্টেকোয়ালাইজার' বা 'ষ্টেকোয়ালাইজিং বাস-বার' বলে। এইরূপ সংযোগের ফলে প্রত্যেকটি জেনারেটোর চালু অবস্থায় উহাদের লোড ঠিকমত ভাগ করিয়া লইতে পারে।

২১নং প্রশ্ন। কি কি উপায়ে ডি. সি. তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থা পাওয়া যায় ?

উত্তর। (১) দুইটি আলাদা জেনারেটোরকে সিরিজে সংযুক্ত করিয়া তিন-তারের লাইনে বিদ্যুৎ সরবরাহ দেওয়া চলে (৪৪৯ পৃষ্ঠায় দেখ)।

(২) লাইনের সরবরাহ প্রান্তে জেনারেটোরের দুই টার্মিনালের মধ্যে স্টোরেজ ব্যাটারি সংযুক্ত করিয়া নিউট্রাল লাইন বাহির করা চলে (৪৫০ পৃষ্ঠায় দেখ)।

(৩) জেনারেটোরের সহিত ব্যাল্যান্সার সেট ব্যবহার করিয়া নিউট্রাল লাইন বাহির করাই প্রচলিত নিয়ম (৪৫০ ও ৪৫১ পৃষ্ঠায় দেখ)। একটি ৪৫০-ভোল্ট জেনারেটোরের জন্ত দুইটি ২২৫-ভোল্টের ডাইনামো প্রয়োজন। মেশিন দুইটি একই বেড্-প্লেটের উপর অবস্থিত এবং উহাদের শাট কীল্ড পরস্পরের সহিত সিরিজে সংযুক্ত থাকে। যে

বিন্দুতে উভয় মেসিনের আর্মেচার একত্রে সংযুক্ত হয়, সেই বিন্দু হইতে নিউট্রাল লাইন বাহির হইয়া আসে।

(৪) নিউট্রাল তার বাহির করিবার জন্য বিশেষ ধরনের তিন-তার ওয়ালো জেনারেটার ব্যবহার করাও বহুল প্রচলিত নিয়মগুলির অন্তর্ভুক্ত। এই জেনারেটারে স্লিপ-রিং থাকে, আর সেই স্লিপ-রিংয়ের সহিত সংযুক্ত করা হয় একটি চোফিং কয়েল। কয়েলের কেন্দ্র হইতে নিউট্রাল তার বাহির হয় (৪৫৬ ও ৪৫৭ পৃষ্ঠা দেখ)।

২২ নং প্রশ্ন। তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় নিউট্রাল তারের উভয় পার্শ্ব সমান লোড থাকিলে (balanced three-wire system) নিউট্রালে কারেন্ট থাকে কি ?

উত্তর। থাকে না।

২৩ নং প্রশ্ন। যদি তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় নিউট্রাল তারটি কাটিয়া যায়, তাহা হইলে সরবরাহ ব্যবস্থায় কি ঘটিবে ?

উত্তর। তিন-তারের সরবরাহ ব্যবস্থায় সাধারণতঃ নিউট্রাল ও পজিটিভ, নিউট্রাল ও নেগেটিভ এবং পজিটিভ ও নেগেটিভের মধ্যে লোড সংযুক্ত থাকে। যদি নিউট্রালের উভয় পার্শ্ব লোড সমান থাকে, তবে নিউট্রাল তার কাটিয়া গেলেও কোন অসুবিধা হইবে না। কিন্তু লোড যদি সমান না থাকে, তবে লাইভ লাইন আর নিউট্রালের মধ্যে ভোল্টেজ কম-বেশী হইবে। নিউট্রালের যে পার্শ্ব বেশী লোড থাকিবে, সেই দিকের ভোল্টেজ কমিয়া যাইবে, আর অল্প পার্শ্ব লোড কম হওয়ার জন্য ভোল্টেজ বৃদ্ধি পাইবে। কিন্তু পজিটিভ ও নেগেটিভ লাইনের মধ্যবর্তী ভোল্টেজের কোন পরিবর্তন ঘটিবে না।

২৪ নং প্রশ্ন। আর্মেচারের কয়েল যখন 'নিউট্রাল পেন'-এ উপস্থিত হয়, তখন কম্যুটেশন হয় কেন ?

উত্তর। 'নিউট্রাল পেন'-এ অবস্থানের সময় আর্মেচারের কয়েলে তড়িৎ-চাপ আবিষ্ট হয় না। ফলে কম্যুটেশনের সময় যখন কয়েলে সর্ট-সার্কিট ঘটে, তখন কয়েল নিউট্রাল পেনে অবস্থান করিলে অগ্নি-ফুলিঙ্গ দেখা দেয় না। কয়েল অন্যস্থানে থাকিলে ফুলিঙ্গ দেখা দেয়।

২৫ নং প্রশ্ন। যখন জেনারেটারের লোড বৃদ্ধি পায়, তখন 'নিউট্রাল পেন'-এর কি অবস্থা হয় ?

উত্তর। লোড বৃদ্ধি পাইলে জেনারেটারের আর্মেচার যে দিকে ঘোরে, সেই দিকে নিউট্রাল পেন সরিয়া যায়।

২৬ নং প্রশ্ন। ডি. সি. মেসিনে ইন্টারপোল ব্যবহার করা হয় কেন ?

উত্তর। ইন্টারপোল ব্যবহার করিলে লোডের পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে নিউট্রাল পেনের অবস্থানের কোন পরিবর্তন ঘটে না, আর কম্যুটেশনের সময় আর্মেচার-কয়েলে ৩৬ [ডি. সি.]

আবিষ্ট প্রতিকরণ চাপ বা রিয়াক্টিভ ভোল্টেজ প্রদর্শিত হয়; কলে কম্বুটেটরে আর আগুন দেখা দেয় না (৮০ পৃষ্ঠা দেখ)।

২৭ নং প্রশ্ন। ডি. সি. জেনারেটর ও ডি. সি. মোটরের ক্ষেত্রে প্রধান পোলের মেরুমের সহিত ইন্টারপোলের মেরুমের কি প্রকার সম্বন্ধ থাকে?

উত্তর। (৮১ পৃষ্ঠায় ৩৩নং চিত্র ও ৮২ পৃষ্ঠায় underlined করা অংশ দেখ)।

২৮ নং প্রশ্ন। কিভাবে ইন্টারপোলের শক্তির পরিবর্তন ঘটে?

উত্তর। ইন্টারপোলের কয়েল আর্থেচারের সহিত সিরিজে যুক্ত থাকে। স্বতরাং লোডের পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে ইন্টারপোলের শক্তি পরিবর্তিত হয়।

২৯ নং প্রশ্ন। যখন লোড বৃদ্ধি পায়, তখন জেনারেটাবেব ব্রাশগুলি কোন্ দিকে ঘুরাইয়া দিতে হয়?

উত্তর। মেনিনে ইন্টারপোল না থাকিলে লোড বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে জেনারেটোরের আর্থেচার যে দিকে ঘোরে, সেই দিকে নিউট্রাল পেনে সরিয়া যায়। কম্বুটেশনের সময় বাহাতে স্ক্রলিং দেখা না দেয়, সেইজন্য ব্রাশকে নিউট্রাল পেনের উপর বসাইবার প্রয়োজন হয় বলিয়া তখন আর্থেচারের গতিমুখের দিকে ব্রাশকে সরাইয়া দিতে হয় (৬৯ পৃষ্ঠা দেখ)।

৩০ নং প্রশ্ন। কি কি প্রকার স্ফইচ বোর্ড সাধারণতঃ ব্যবহার করা হয়?

উত্তর। সাধারণতঃ দুই প্রকার স্ফইচ বোর্ড ব্যবহার করা হইয়া থাকে—

(১) প্যানেল বোর্ড। ইহাতে খাড়া প্যানেল থাকে এবং সেই প্যানেলের সম্মুখভাগে থাকে স্ফইচ গিয়ার, মিটারসমূহ, ফিউজ ইত্যাদি। প্যানেলের পশ্চাদ্ধিকে বাস-বার ও নানাপ্রকার সংযোগের তার রাখা হয়।

(২) বেঞ্চ বোর্ড অথবা ডেস্ক বোর্ড। ইহার সম্মুখ দিক ঢালু এবং পশ্চাদ্ধিকে খাড়া প্যানেল থাকে, আর সেই প্যানেলে নানাপ্রকার যন্ত্রপাতি বসানো থাকে।

৩১ নং প্রশ্ন। স্ফইচ বোর্ড প্যানেল তৈরী করিতে কোন্ জিনিষ ব্যবহার করা হয়?

উত্তর। (১) স্লেট, (২) মার্বেল (৩) অ্যাস্বেস্টস, (৪) ইম্পাতের চাদর, ইত্যাদি।

৩২ নং প্রশ্ন। সারকিট-ব্রেকার ব্যবহার করা হয় কেন?

উত্তর। যখন বর্তনীতে অত্যধিক লোড সংযোগ করা হয় কিংবা কোথায়ও সর্ট-সারকিট দেখা দেয়, তখন সারকিট-ব্রেকার আপনা হইতেই সক্রিয় হইয়া ওঠে এবং মেনিনের সহিত সরবরাহ লাইনের সংযোগ কাটিয়া দেয়। সারকিট-ব্রেকার ফিউজের কাজও সমাধা করে।

৩৩ নং প্রশ্ন। সারকিট-ব্রেকারে নিম্নলিখিত জিনিষগুলির প্রয়োজন হয় কেন?—

(১) ওভার-লোড ট্রিপ কয়েল।

(২) রিভার্স কারেন্ট রিলে।

(৩) আর্কিং কন্ট্যাক্ট।

উত্তর। (১) ওভার-লোড কয়েল সাধারণতঃ লাইনের সহিত সিরিজে লাগানো থাকে, আর লাইনের কারেন্ট এই কয়েল দিয়া প্রবাহিত হয়। যখন কারেন্ট এত বেশী হয় যে তাহা মেশিনের শকে ক্ষতিকারক হইয়া ওঠে, তখন কয়েলে উৎপন্ন চুম্বকত্ব প্রথর হইয়া প্রাঞ্জারকে ভিতরে টানিয়া লয়। ইহাতে প্রাঞ্জার সারকিট-ব্রেকারের ট্রিগারে সজোরে আঘাত করে, আর সেই সঙ্গে মেশিনের সহিত লাইনের সংযোগ খুলিয়া যায়। ফলে লাইন দিয়া কারেন্ট যাওয়া বন্ধ হয় (১৮৫ পৃষ্ঠা দেখ)।

(২) যখন জেনারেটরের চুম্বকের মেরুত্ব (polarity) পরিবর্তিত হয়, অর্থাৎ উত্তর মেরু দক্ষিণ মেরু হিসাবে আর দক্ষিণ মেরু উত্তর হিসাবে কাজ করিতে শুরু করে, অথবা যখন তড়িৎ-প্রবাহের দিক-পরিবর্তন ঘটে, তখন রিভার্স কারেন্ট রিলে সক্রিয় হইয়া ওঠে এবং সরবরাহ লাইনের সহিত মেশিনের সংযোগ খুলিয়া দেয়।

(৩) আর্কিং কন্ট্যাক্টের অগ্রভাগ সাধারণতঃ কার্বন দ্বারা তৈরী হয় এবং উহা প্রধান কন্ট্যাক্টের উপরে লাগানো থাকে। কার্বনের অগ্রভাগ প্রয়োজনমত বদল করা চলে। লোড-সারকিটের সুইচ খুলিবার সময় প্রথমে লাইনের সহিত প্রধান কন্ট্যাক্টের সংযোগ খোলে, পরে আর্কিং কন্ট্যাক্ট খুলিয়া যায়। ইহাতে সারকিট-ব্রেকার খুলিবার সময় বৈদ্যুতিক আর্কের দরুন কেবলমাত্র কার্বনের টুকরাতেই আগুন দেখা দেয়, প্রধান কন্ট্যাক্টে আগুন দেয় না। আর্কিং কন্ট্যাক্টকে অক্সিলিয়্যারি কন্ট্যাক্টও বলা হয় (১৮৬ পৃষ্ঠা দেখ)।

৩৪ নং প্রশ্ন। একটি সুইচ বোর্ড স্থাপন করিতে হইলে ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুযায়ী কি কি নিয়ম পালন করিতে হইবে ?

উত্তর। (৫৪১ পৃষ্ঠায়) ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৫১নং নিয়ম দেখ।

৩৫ নং প্রশ্ন। (১) বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রে একটি জেনারেটর চালু আছে। লোড বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য এখন দ্বিতীয় আর একটি জেনারেটর চালু করিয়া প্রথমটির সহিত প্যার্যাললে সংযুক্ত করিতে হইবে। কিভাবে তুমি দ্বিতীয় জেনারেটরটি প্রথমটির সহিত প্যার্যাললে সংযুক্ত করিয়া উহাতে লোড দিবে ?

(২) বৈদ্যুতিক শক্তির চাহিদা কমিয়া গেলে (অর্থাৎ লোডের পরিমাণ হ্রাস পাইলে) প্যার্যাললে পরিচালিত একাধিক জেনারেটরের মধ্যে কোন একটিকে বন্ধ করিবার সময় কোন পদ্ধতি অবলম্বন করিবে ?

উত্তর। (১) (১১৪ ও ১১৫ পৃষ্ঠা দেখ)।

(২) (১১৬ পৃষ্ঠা দেখ)।

৩৬ নং প্রশ্ন। ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুযায়ী জেনারেটরের নিউট্রাল কিভাবে মাটির (earth) সহিত সংযুক্ত করিবে ?

উত্তর। ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৬১ (১) নং নিয়মের (গ) ও (ঘ) (/০), (৮০), (৮০) অংশ (৫৫৫ ও ৫৫৬ পৃষ্ঠায়) দেখ।

৩৭ নং প্রশ্ন। (১) নিউট্রাল স্টিং সহিত যুক্ত করিলে উহাতে অ্যান্টিটার লাগানো হয় কেন ?

(২) কোন্ ধরনের অ্যান্টিটার এই কাজে ব্যবহার করা হয় ?

উত্তর। (১) ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৬১(১) নং নিয়মের ৬ (১) অংশ (৫৫৫ পৃষ্ঠায়) দেখ।

(২) এই কাজে সাধারণতঃ মিলিঅ্যান্টিটার ব্যবহার করা হয়।

৩৮ নং প্রশ্ন। ডি. সি. মোটরের গতিবেগ কি কি বিষয়ের উপর নির্ভরশীল ?

উত্তর। ডি. সি. মোটরের গতিবেগ টার্মিটাল ভোল্টেজ, আর্মেচার-কারেন্ট ও ফীল্ড-কারেন্টের উপর নির্ভরশীল।

৩৯ নং প্রশ্ন। ডি. সি. মোটরের স্পীড কন্ট্রোল (speed control) ও স্পীড রেগুলেশনের (speed regulation) মধ্যে তফাৎ কি ?

উত্তর। হস্তদ্বারা চালিত বা স্বয়ংক্রিয় কোন যন্ত্রের সাহায্যে যখন মোটরের গতিবেগ কম বেশী করা হয়, তখন তাহাকে মোটরের স্পীড কন্ট্রোল বলে।

লোডের পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে মোটরের গতিবেগ পরিবর্তিত হয়। লোড যত বৃদ্ধি পায়, মোটরের গতিবেগ ততই কমিতে আরম্ভ করে। পূর্ণ লোড দেওয়ার পরে মোটরের গতিবেগ লোডশূন্য অবস্থার গতিবেগ অপেক্ষা ষতটা কম হয়, তাহাকে মোটরের স্পীড রেগুলেশন বলে। স্পীড রেগুলেশন সাধারণতঃ শতকরা হিসাবেই প্রকাশ করা হয়।

স্পীড রেগুলেশন

$$= \frac{(\text{লোডশূন্য অবস্থায় মোটরের গতিবেগ}) - (\text{পূর্ণ লোডে মোটরের গতিবেগ})}{\text{লোডশূন্য অবস্থায় মোটরের গতিবেগ}} \times 100\%$$

৪০ নং প্রশ্ন। সল্ট মোটরের ফীল্ড উহার আর্মেচারের সহিত কিভাবে যুক্ত থাকে ?

উত্তর। প্যার্যাললেলে যুক্ত থাকে।

৪১ নং প্রশ্ন। লোডশূন্য অবস্থায় সিরিজ মোটর চালানো সম্ভব কি ? লোডশূন্য অবস্থায় চালু থাকিলে কি বিপদ ঘটতে পারে ?

উত্তর। লোডশূন্য অবস্থায় সিরিজ মোটর চালানো উচিত নহে। এই অবস্থায় মোটরের গতিবেগ বিপজ্জনকভাবে বৃদ্ধি পায় (২৫৮ পৃষ্ঠা দেখ)।

৪২ নং প্রশ্ন। (ক) শিয়ারিং মেশিন (shears), (খ) লেথ মেশিন (lathes) ও (গ) ক্রেন পরিচালনা করিতে কোন্ শ্রেণীর মোটর ব্যবহার করিবে এবং কেন করিবে ?

উত্তর। (ক) কম্পাউন্ড মোটর ব্যবহার করিতে হইবে, কারণ এই মোটরের স্পীড রেগুলেশন উন্নতমানের (৪৩৩ পৃষ্ঠা দেখ)।

(খ) সাল্ট মোটর ব্যবহার করিতে হইবে, কারণ এই মোটরের গতিবেগ প্রায় অপরিবর্তিত থাকে (৪৩৩ পৃষ্ঠা দেখ)।

(গ) সিরিজ মোটর ব্যবহার করিতে হইবে, কারণ চালু করিবার সময় অধিক পরিমাণ ঘূর্ণক উৎপন্ন করে বলিয়া এই মোটরে বেশী লোড দিয়া চালু করা যায় (৪৩৪ পৃষ্ঠা দেখ)।

৪৩ নং প্রশ্ন। একটি ২-অংশক্তি ক্ষমতা সম্পন্ন মোটর সরবরাহ লাইন হইতে ১৮০০ ওয়াট বৈদ্যুতিক শক্তি গ্রহণ করে। মোটরটির কর্মক্ষমতা (efficiency) কত ?
উত্তর। ২ অংশক্তি = $2 \times ৭৪৬ = ১৪৯২$ ওয়াট,

$$\therefore \text{কর্মক্ষমতা} = \frac{১৪৯২}{১৮০০} = ০.৮২৮৮, \text{ অর্থাৎ } ৮২.৮৮\%।$$

৪৪ নং প্রশ্ন। ডি. সি. মোটরে স্টার্টার ব্যবহার করা হয় কেন ?

উত্তর। চালু করিবার সময় ডি. সি. মোটর যখন নিশ্চল অবস্থায় থাকে, তখন উহার আর্মচারে বিপরীতমুখী তড়িচ্চালক বল (back e.m.f.) কিছুমাত্র আবিষ্ট হয় না। ফলে চালু করিবার সময় সুইচ বন্ধ করিবার পরে মোটর পুরা লোডে যত কারেন্ট গ্রহণ করে, তাহার দশ-বার গুণ কারেন্ট আর্মচার দিয়া প্রবাহিত হইবে। ইহাতে আর্মচার-কয়েল অতিরিক্ত গরম হইয়া উঠিবে এবং পুড়িয়া যাওয়ার সম্ভাবনা দেখা দিবে।

চালু করিবার সময় মোটরে যাহাতে অতিরিক্ত কারেন্ট প্রবেশ করিতে না পারে সেইজন্য আর্মচারের সহিত সিরিজে একটি উপযুক্ত মানের রেজিস্ট্যান্স সংযুক্ত করা হয়। এই রেজিস্ট্যান্স যে বাক্সে বসানো থাকে, তাহাকেই স্টার্টার বলে (২৭৭ ও ২৭৮ পৃষ্ঠা দেখ)।

৪৫ নং প্রশ্ন। একটি মাঝারি আকারের মোটরকে চালু করিবার পর পূর্ণ গতিবেগে আনিতে সাধারণতঃ কত সময় লাগে ?

উত্তর। সাধারণতঃ ১৫ হইতে ৩০ সেকেন্ড সময় লাগে। তবে এই নিয়ম সকল জেঞ্জীর মোটরের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নহে (২৮১ পৃষ্ঠা দেখ)।

৪৬ নং প্রশ্ন। ফীল্ড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স বৃদ্ধি করিলে মোটরের গতিবেগ বাড়িবে কি কমিবে, তাহা বুঝাইয়া বল।

উত্তর। সাল্ট ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স বৃদ্ধি করিলে ফীল্ডের কারেন্ট আর সেই সজে চুম্বক বলরেখার সংখ্যা কমিয়া যায় ; ফলে মোটরের গতিবেগ বৃদ্ধি পায়।

সিরিজ ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স বৃদ্ধি করিলে ফীল্ড-সারকিটে অধিক পরিমাণে তড়িৎ-চাপের পতন ঘটে। ইহাতে আর্মচারে আবিষ্ট বিপরীতমুখী তড়িৎ-চাপ হ্রাস পায়, ফলে মোটরের গতিবেগ কমিয়া যায়।

৪৭ নং প্রশ্ন। আর্মচার-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স অপেক্ষা ফীল্ড-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স দ্বারা মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা সুবিধাজনক কেন ?

উত্তর। সাধারণতঃ মোটরের আর্মচার দিয়া যত কারেন্ট প্রবাহিত হয়, সাল্ট ফীল্ড দিয়া প্রবাহিত হয়-তাহা অপেক্ষা অনেক কম কারেন্ট। এই কারণে আর্মচার-

সারকিটের রেজিস্ট্যান্স-এ স্টাট ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স অপেক্ষা অনেক বেশী বৈদ্যুতিক শক্তির অপচয় ঘটে ; ফলে মোটরের উৎপাদিত (output) অক্ষশক্তি অনেক কম হয় ।

স্টাট ফীল্ডে রেজিস্ট্যান্স ব্যবহার করিলে মোটরের গতিবেগ বৃদ্ধি পায়, আর আর্যেচার-সারকিটে রেজিস্ট্যান্স ব্যবহার করিলে মোটরের গতিবেগ কমিয়া যায় ।

স্টাট ফীল্ডের রেজিস্ট্যান্স খুব অল্প পরিমাণ কারেন্ট বহনের উপযোগী হইলেই চলে, কিন্তু আর্যেচার-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স মোটরের পুরা লোড-কারেন্ট বহনের উপযোগী হওয়া চাই । সেইজন্য আর্যেচার-সারকিটের রেজিস্ট্যান্স তৈরী করিতে খরচ অপেক্ষাকৃত বেশী পড়ে ।

অনেক মোটরে ফীল্ড এবং আর্যেচার উভয় সারকিটেই রেজিস্ট্যান্স ব্যবহার করিয়া মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করা হয় । সকল ক্ষেত্রেই এই রেজিস্ট্যান্স পরিবর্তনশীল (variable) হইয়া থাকে ।

৪৮ নং প্রশ্ন । মোটরের ফীল্ডের সহিত স্টার্টারের “হোল্ডিং অন্‌ ম্যাগনেট”-এর কয়েল সিরিজে সংযুক্ত করা হয় কেন ?

উত্তর । মোটর চলিতে থাকার সময় কোন কারণে যদি ফীল্ড-সারকিটের সংযোগ খুলিয়া যায়, তবে ফীল্ড-কয়েল দিয়া কারেন্ট যাওয়া বন্ধ হয় । ইহাতে আর্যেচারের গতিবেগ বৃদ্ধি পাইয়া বিপজ্জনক হইয়া ওঠে । কিন্তু একই সঙ্গে “হোল্ডিং অন্‌ ম্যাগনেট”-এর কয়েল দিয়াও কারেন্ট যাওয়া বন্ধ হয় । ফলে এই চুষকের উদ্ভেজন নিঃশেষ হইয়া যায়, আর শ্রী-য়ের আকর্ষণে হাতল খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসে । সঙ্গে সঙ্গে সরবরাহ লাইনের সহিত মোটরের সংযোগও ছিন্ন হইয়া যায় এবং মোটরের গতিবেগ আর বিপজ্জনক অবস্থায় পৌছাইতে পারে না (২৮ পৃষ্ঠা দেখ) ।

৪৯ নং প্রশ্ন । মাঝারি তড়িৎ-চাপের উপযোগী একটি ডি. সি. মোটর বসাইবার সময় ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুযায়ী কি কি নিয়ম পালন করিতে হইবে ?

উত্তর । (১) ধাতু নির্মিত কণ্ডাক্ট অথবা ভারতীয় মানক সংহার নির্দেশ (IS 2509-1963) অনুযায়ী নির্মিত পি. ভি. সি. পাইপের মধ্য দিয়া ৬৫০/১১০০-ভোল্ট গ্রেডের পি. ভি. সি. অথবা ভি. আই আর. তার টানিয়া, কিংবা ৬৫০/১১০০-ভোল্ট গ্রেডের আরমার্ড কেবলের সাহায্যে মোটরের ওয়্যারিং করিতে হইবে [ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৫১ (১) (ক) নং নিয়ম] ।

(২) ধাতুনির্মিত কণ্ডাক্ট এবং কেবলের আরমার মাটির সহিত যুক্ত করিতে হইবে [ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৫১ (১) (খ) নং নিয়ম] ।

(৩) দুইটি সম্পূর্ণ পৃথক ও স্বতন্ত্র আর্থের তড়িৎধারের সহিত মোটরের কাঠামো এবং স্লিচ, স্টার্টার প্রভৃতির বহিরাবরণ সংযুক্ত করিতে হইবে [ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৬১ (২) ও ৬১ (৩) নং নিয়ম] ।

(৪) বাহ্যতে প্রয়োজন হইলে মোটরে কারেন্ট যাওয়া বন্ধ করা যায়, সেইজন্য মোটরের নিকটে একটি ধাতুনির্মিত ‘আইসোলটর’ (isolator) অথবা ধাতুনির্মিত স্লিচ ব্যবহার করিতে হইবে [ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৫০ (১) (ঘ) নং নিয়ম] ।

(৫) মোটর স্থাপনের গায়ে কোন উপযুক্ত জায়গায় একটি বিশদ-চিহ্ন জাপক বোর্ড লাগাইতে হইবে [ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৩৫ নং নিয়ম] ।

৫০ নং প্রশ্ন । মোটরটি চালু করিবার পূর্বে উহার সর্বনিম্ন ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স কত হইলে তাহা অস্বাভাবিক হইবে ?

উত্তর । ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ (৪. ৪. ১. IS : 900-1965) অনুযায়ী মোটরের সর্বনিম্ন ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স ১ মেগওম হইবে (৩৯৬ পৃষ্ঠা দেখ) ।

ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনের ৪৮ নং নিয়ম অনুযায়ী মোটরের সর্বনিম্ন ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স এমন হইবে যাহাতে মোটর পুরা লোডে যত কারেন্ট গ্রহণ করে, তাহার পাঁচ হাজার ভাগের এক ভাগ অপেক্ষা বেশী বিদ্যুৎ-নির্গমন (current leakage) হইবে না ।

৫১ নং প্রশ্ন । মোটরের সর্বোচ্চ আর্থিং রেজিস্ট্যান্স কত হইবে ?

উত্তর । মোটরের সর্বোচ্চ আর্থিং রেজিস্ট্যান্স কত হইবে, সেই সম্বন্ধে ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইনে কোন উল্লেখ নাই । কিন্তু ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশে (12.3.2. IS : 3043-1966) বলা হইয়াছে যে, আর্থিং রেজিস্ট্যান্স

$\frac{1}{2} \times$ পরিবাহী ও আর্থের মধ্যে ভোল্টেজ

$2.5 \times$ সর্বাপেক্ষা বড় ফিউজ-তার অথবা সার্কিট-ব্রেকারের কারেন্ট পরিবহন ক্ষমতা ওম অপেক্ষা বেশী হইবে না (৪০২ পৃষ্ঠা দেখ) ।

৫২ নং প্রশ্ন । ভারতীয় বৈদ্যুতিক আইন অনুযায়ী বহনযোগ্য (portable) মোটরে কয়টি আর্থের সংযোগ থাকা উচিত ?

উত্তর । সম্ভব হইলে দুইটি আর্থের সংযোগ করিতে হইবে ।

৫৩ নং প্রশ্ন । মাঝারি তড়িৎ-চাপে উপযোগী মোটরের গ্যারান্টি করিতে যে-সকল ধাতু নিমিত্ত কণ্ট্রোল ব্যবহার করা হয়, তাহা কত “গেজ” (gauge)-এর হইবে ?

উত্তর । ১৪ অথবা ১৬ গেজ-এর হইবে, কারণ ইহাতে ভালভাবে চুড়ি (thread) কাটা যায় ।

৫৪ নং প্রশ্ন । যদি কোন সার্কিট অথবা কম্পাউন্ড মোটরের টার্মিনাল চিহ্নিত করা না থাকে, তবে কোন্টি কোন্ সার্কিটের টার্মিনাল তাহা কিভাবে পরীক্ষা করিয়া জানা যাইবে ?

উত্তর । ওমমিটার অথবা অল্প ওয়াটের একটি বাতির সাহায্যে পরীক্ষা করিয়া ইহা বাহির করা যায় । আর্থের সার্কিটে মিটারটি লাগাইলে খুব কম রেজিস্ট্যান্স দেখাইবে, আর বাতিটি সিরিজে সংযুক্ত করিয়া সরবরাহ দিলে উহা উজ্জ্বল হইয়া জলিবে । কিন্তু ওমমিটার সার্কিট ফীল্ডে সংযুক্ত করিলে মিটারে বেশী রেজিস্ট্যান্স দেখাইবে, আর এই ফীল্ডের সহিত সিরিজে সংযুক্ত করিয়া সরবরাহ দিলে বাতি ফীল্ড হইয়া জলিবে ।

৫৫ নং প্রশ্ন। সাট ও কম্পাউণ্ড মোটরের স্টার্টারে কয়টি টার্মিনাল থাকে ?

উত্তর। থ্রী-পয়েন্ট স্টার্টারে তিনটি টার্মিনাল থাকে—L, A, আর F। ইহার যথাক্রমে লাইন, আর্থের আর ফীল্ড স্থচনা করে (২৮৫ পৃষ্ঠা দেখ)।

ফোর-পয়েন্ট স্টার্টারে চারটি টার্মিনাল থাকে— L_1 , L_2 , A, আর F। ইহার যথাক্রমে দুইটি লাইন, আর্থের আর ফীল্ড স্থচনা করে (২৮৯ পৃষ্ঠা দেখ)।

৫৬ নং প্রশ্ন। মোটরের সহিত স্টার্টার কিরূপ সংযুক্ত থাকে তাহা দেখাও।

উত্তর। মোটরের সহিত থ্রী-পয়েন্ট স্টার্টারের সংযোগ ২৮৬ পৃষ্ঠার আর ফোর-পয়েন্ট স্টার্টারের সংযোগ ২৯০ পৃষ্ঠার দেখ।

৫৭ নং প্রশ্ন। মোটরের সহিত স্টার্টার সংযুক্ত করিবার জন্য কণ্ডুইট কিভাবে বসাইবে ?

উত্তর। স্টার্টারের নিকটে অবস্থিত ‘আইসোলেশার’ অথবা ‘হইচ’ হইতে দুইগাছা তার কণ্ডুইটের ভিতর দিয়া টানিতে হইবে, এবং উহাদের একটি তার টি-জয়েন্ট দিয়া স্টার্টারে যাইবে আর অষ্টটি কণ্ডুইটের ভিতর দিয়া মোটরের টার্মিনাল বাক্সে যাইয়া সরাসরি মোটরের আর্থের ও ফীল্ডের যুক্ত টার্মিনালে (A_2 আর F_2 দ্বারা চিহ্নিত অথবা একত্রে L-দ্বারা চিহ্নিত) সংযুক্ত হইবে। মোটরের অপর আর্থের টার্মিনাল (A_1 অথবা A-দ্বারা চিহ্নিত) হইতে একগাছা তার এবং অপর ফীল্ড টার্মিনাল (F_1 অথবা F-দ্বারা চিহ্নিত) হইতে আর এক গাছা তার এই একই কণ্ডুইট আর টি-জয়েন্টের ভিতর দিয়া টানিয়া যথাক্রমে স্টার্টারের A ও F-দ্বারা চিহ্নিত টার্মিনালের সহিত সংযুক্ত করিতে হইবে (৪২৮ পৃষ্ঠার ১৭৮ নং চিত্র দেখ)।

৫৮ নং প্রশ্ন। ধাতু নির্মিত কণ্ডুইটের পরিবর্তে অন্য কোন কণ্ডুইট ব্যবহারি তড়িৎ-চাপের উপযোগী মোটরের ওয়্যারিংয়ের জন্য ব্যবহার করা চলে কি ? যদি চলে তবে কোন ধরনের কণ্ডুইট ব্যবহার করিবে ?

উত্তর। মাঝারি তড়িৎ-চাপের উপযোগী মোটরের ওয়্যারিং করিতে ধাতু-নির্মিত কণ্ডুইটের পরিবর্তে পি. ডি. সি. প্রভৃতির দ্বারা তৈরী শক্ত কণ্ডুইট ব্যবহার করা চলে। তবে সেই কণ্ডুইট ভারতীয় মানক সংস্থার নির্দেশ (IS : 2509-1963 Rigid Non-Metallic Conduits for Electric Installation) অনুযায়ী তৈরী হওয়া চাই, এবং উহা ব্যবহার করিবার পূর্বে বিদ্যুৎ-পরিদর্শকের অনুমতি লওয়া প্রয়োজন।

৫৯ নং প্রশ্ন। চালু অবস্থায় একটি ডি. সি. সাট মোটরের ফীল্ডের সংযোগ খুলিয়া গেলে মোটরের কি ক্ষতি হইতে পারে ?

উত্তর। ২৪৭ পৃষ্ঠায় underlined করা অংশ দেখ।

৬০ নং প্রশ্ন। একটি নতুন ডি সি সাট মোটর ও স্টার্টার স্থাপনের পর প্রথম-বার চালু করিবার সময় দেখা গেল যে, স্টার্টারের হাভলটি ডান দিকের সর্বশেষ বোতামের উপর দিবার সময় (অর্থাৎ পুরা “অন” অবস্থায়) উহা শ্রীংয়ের আকর্ষণে

খোলা-অবস্থানে চলিয়া আসিতেছে। মোটর অথবা স্টার্টারের কোথায় দোষ আছে এবং উহা কি প্রকারে মেরামত করিতে হইবে বল।

উত্তর। ৩৪১ পৃষ্ঠায় ৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর দেখ।

৬১ নং প্রশ্ন। ডি সি. জেনারেটোরের আর্মেচারে যে কারেন্ট উৎপন্ন হয়, তাহা কি ডি. সি. ?

উত্তর। না, এ. সি..।

৬২ নং প্রশ্ন। কোন্ শ্রেণীর জেনারেটর ব্যাটারি চার্জ করিবার পক্ষে সর্বাপেক্ষা বেশী উপযোগী ? একটি সাধারণ সাল্ট বা কম্পাউণ্ড জেনারেটোরের সহিত উহার পার্থক্য কি ?

উত্তর। ডাইভারটার-পোল জেনারেটর ব্যাটারি চার্জ করিবার পক্ষে সর্বাপেক্ষা বেশী উপযোগী। এই জেনারেটরে দুই প্রধান পোলের ঠিক মধ্যস্থলে অপেক্ষাকৃত ক্ষুদ্র আকারের “ডাইভারটার-পোল” অবস্থিত থাকে, এবং ইহার প্রধান পোলের দ্বারা উৎপন্ন চুম্বক রেখাপ্রবাহের কিছু অংশকে একটি আলাদা পথ দিয়া করণ রেথারূপে ইয়াকে পাঠাইয়া আর্মেচারে আবিষ্ট তড়িৎ-চাপকে নিয়ন্ত্রণ করা হয় (১৫২, ১৬০ ও ১৬১ পৃষ্ঠা দেখ)। একটি সাধারণ সাল্ট বা কম্পাউণ্ড জেনারেটরে এইরূপ কোন বন্দোবস্ত থাকে না।

৬৩ নং প্রশ্ন। আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার সাহায্য লইয়া কোন্ জেনারেটোরের আউটপুট কারেন্ট নিয়ন্ত্রণ করা হয় ? কি কাজে এই ধরনের জেনারেটর ব্যবহৃত হইয়া থাকে ?

উত্তর। আর্মেচারের প্রতিক্রিয়ার সাহায্য লইয়া সহায়ক-ব্রাশ বা তৃতীয়-ব্রাশ যুক্ত জেনারেটোরের আউটপুট কারেন্ট নিয়ন্ত্রণ করা হয়। ক্রমাগত পরিবর্তিত গতিবেগে আর্মেচারকে পরিচালনা করিয়া বিদ্যুৎ সরবরাহ করিবার পক্ষে এই শ্রেণীর জেনারেটর অতিশয় উপযোগী। মোটর গাড়িতে ব্যাটারি চার্জ করিবার জন্য সাধারণতঃ এই ধরনের জেনারেটরই ব্যবহার করা হইয়া থাকে (১৫৭ ও ১৫৮ পৃষ্ঠা দেখ)।

৬৪ নং প্রশ্ন। কোন চালু মোটরকে বন্ধ করিতে হইলে স্টার্টারের হাতলকে ঠেলিয়া খোলা-অবস্থানে লইয়া আসা উচিত নহে কেন ? কেন সরবরাহ লাইনের স্নাইচটি খুলিয়া দিয়াই চালু মোটর বন্ধ করা নিয়ম ?

উত্তর। ২২২ পৃষ্ঠায় এই প্রশ্নের উত্তর দেখ।

৬৫ নং প্রশ্ন। ফেস্-প্লেট ধরনের স্টার্টার সিরিজ মোটরে ব্যবহার করা চলে কি ?

উত্তর। ছোট আয়তন আকারের সিরিজ মোটর চালু করিতে সল্ট মোটরের দ্বারা ফেস্ প্লেট ধরনের স্টার্টারই ব্যবহার করা হইয়া থাকে। এই স্টার্টার প্রধানতঃ দুই রকমের হয়। মোটর চলিতে থাকাকালীন যে তড়িৎ-চুম্বক স্টার্টারের হাতলকে “চালু-অবস্থানে” ধরিয়া রাখে, সেই চুম্বক এক ধরনের স্টার্টারে “নো-ভোল্ট

রিলীজ কয়েল"-এর সাহায্যে [১৩২ (ক) নং চিত্র], আর অন্য এক ধরনের স্টার্টারে "নো-লোড রিলীজ কয়েল"-এর সাহায্যে (১৩৩ নং চিত্র) উদ্ভেজন পায়।

৬৬ নং প্রশ্ন। ডি. সি. মোটরের জন্ত ব্যবহৃত একটি কন্ট্রোলার এবং একটি স্টার্টারের মধ্যে পার্থক্য কি ?

উত্তর। ৩০২ পৃষ্ঠায় "ড্রাম কন্ট্রোলার" দেখ।

৬৭ নং প্রশ্ন। স্বয়ংক্রিয় স্টার্টারে বা কন্ট্রোলারে "থার্ম্যাল প্রোটেকশন" কেন ব্যবহার করা হয় ? স্টার্টারের মধ্যে ইহা কিভাবে কাজ করে ?

উত্তর। ৩০৫ ও ৩০৬ পৃষ্ঠায় এই প্রশ্নের উত্তর দেখ।

৬৮ নং প্রশ্ন। "ম্যাগনেটিক ব্রো-আউট" কোথায় এবং কেন ব্যবহার করা হয় ? ইহা কিভাবে কাজ করে বুঝাইয়া বল।

উত্তর। ৩০৬ ও ৩০৭ পৃষ্ঠায় এই প্রশ্নের উত্তর দেখ।

৬৯ নং প্রশ্ন। ডি. সি. মোটরের গতিবেগ নিয়ন্ত্রণ করিবার জন্ত বিভিন্ন প্রকার বৈ-সকল পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়, তাহাদের প্রধান প্রধান কয়েকটির নাম বল।

উত্তর। ফীল্ড কন্ট্রোল, রেজিস্ট্যান্স কন্ট্রোল, ম্যান্টিভোল্টেজ কন্ট্রোল, ওয়ার্ড-লিয়োনার্ড কন্ট্রোল, সিরিজ গ্যায়ালেল কন্ট্রোল, ম্যান্টিপ্ল-ইউনিট কন্ট্রোল, মেট্যাডাইন কন্ট্রোল ইত্যাদি (৩০৭ হইতে ৩২১ পৃষ্ঠা পর্যন্ত দেখ)।

ডি. সি. মেশিনের নির্দিষ্টকরণ (Specification of D. C. Machines)

ডি.সি. জেনারেটর বা ডি.সি. মোটর নির্মাণের পূর্বে নির্মাণকারীর নিকট যে-সকল তথ্য পেশ করিতে হয়, ভারতীয় মানক সংস্থার আই এস : ৪৭২২-১৯৬৮ নং নির্দেশের “পরিশিষ্ট গ” (Appendix C)-এ তাহা বলা হইয়াছে। কতকগুলি সাধারণ তথ্য ছাড়াও ডি. সি. জেনারেটরের ক্ষেত্রে নির্মাণকারীর নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানা আবশ্যিক :—

(১) জেনারেটরের উৎপাদিত তড়িৎ-শক্তি। জেনারেটরের টার্মিনালে কত কিলোওয়াট বৈদ্যুতিক শক্তি পাওয়া যাইবে।

(২) জেনারেটরের নির্দিষ্ট ভোল্টেজ। যদি লোডশূন্য অবস্থায় আর পূরা লোডসহ চলিবার সময় জেনারেটরের ভোল্টেজের মধ্যে পার্থক্য থাকে, তবে তাহার পূর্ণ বিবরণ পেশ করিতে হইবে।

(৩) জেনারেটরের উৎপাদিত তড়িৎ-প্রবাহ। জেনারেটর কত অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট সরবরাহ করিবে।

(৪) তিন-তারের সরবরাহের জন্য জেনারেটরকে ব্যবহার করিতে হইলে যে-সকল বন্দোবস্ত থাকা প্রয়োজন, তাহার পূর্ণ ও সবিশেষ বিবরণ দিতে হইবে।

(৫) লোডশূন্য অবস্থায় ও পূরা লোডসহ জেনারেটরের গতিবেগ। জেনারেটরের আর্মেচার প্রতি মিনিটে কত পাক ঘুরিবে।

(৬) জেনারেটরের গতিমুখ কোন্ দিকে তাহা নির্দেশ করিতে হইবে।

(৭) জেনারেটরের ফীল্ড উত্তেজন দেওয়ার পদ্ধতি, অর্থাৎ জেনারেটর কোন্ জেনার—সান্ট, সিরিজ, কম্পাউণ্ড অথবা সেপারেটলি এক্সাইটেড্। যদি জেনারেটর সেপারেটলি এক্সাইটেড্ হয়, তবে কত ভোল্টে উহার ফীল্ড-কয়েলে কারেন্ট সরবরাহ করা হইবে ?

[যদি অগ্রভাবে নির্দিষ্ট কিছু বলা না থাকে, তবে কম্পাউণ্ড জেনারেটরের সিরিজ ফীল্ড উহার আর্মেচারের নেগেটিভ প্রান্তের দিকে সংযুক্ত থাকিবে।]

(৮) যদি জেনারেটরকে অন্তান্ত জেনারেটরের সাহিত প্যারালেলে চালনা করিবার প্রয়োজন হয়, তবে এক্সাইটার (যে মেশিন জেনারেটরের ফীল্ডে কারেন্ট সরবরাহ করে) সম্বন্ধে নিম্নলিখিত তথ্যসমূহ পেশ করিতে হইবে :

(১০) লোডশূন্য অবস্থায় ও পূরা লোডের ভোল্টেজ।

(১০) পূরা লোডসহ চলার সময়ের কিলোওয়াট বা কারেন্ট।

(১০) যদি ডাইভারটার থাকে, তবে ডাইভারটারসহ সিরিজ ওয়াইণ্ডিংয়ের রেজিস্ট্যান্স।

(১০) সংযোগের নক্সা

(১/০) এক্সাইটারের সাহায্যে কত তাড়াতাড়ি ফীল্ডের উত্তেজন কমানো বা বাড়ানো চলে।

(১/০) হস্তচালিত নিয়ন্ত্রণের সাহায্যে এক্সাইটার সাণ্ট মেশিন হিসাবে পরিচালিত হইবে কিনা।

সাধারণ তথ্যসমূহ ছাড়াও ডি. সি. মোটরেন্স ক্ষেত্রে নির্মাণকারীর নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানা আবশ্যক :—

(১) মোটরের উৎপাদিত যান্ত্রিক শক্তি। এই শক্তি কিলোওয়াটে উল্লেখ করিতে হইবে।

(২) মোটর যে তড়িৎ-চাপের পক্ষে উপযোগী। মোটরের টার্মিনালে কত ভোল্টেজে সরবরাহ দেওয়া হইবে।

(৩) পূরা লোডসহ চলিবার সময় মোটরের গতিবেগ। মোটরের আর্মেচার প্রতি মিনিটে কত পাক ঘুরিবে।

(৪) মোটরের গতিমুখ কোন্ দিকে থাকিবে।

(৫) মোটরের ফীল্ডে উত্তেজন দেওয়ার পদ্ধতি, অর্থাৎ মোটর কোন্ প্রেণীয়,— সাণ্ট, সিরিজ, কম্পাউণ্ড অথবা সেপ্যারেটলি এক্সাইটেড্। যদি সেপ্যারেটলি এক্সাইটেড্ হয়, তবে কত ভোল্টে ফীল্ড-কয়েলে কারেন্ট সরবরাহ করা হইবে।

(৬) ঘূর্ণকের (torque) সর্বোচ্চ পরিমাণ কত।

(৭) মোটর যে মেশিনকে পরিচালনা করিবে, তাহার সম্বন্ধে বিভিন্ন তথ্য। মেশিনের গতিবেগ যখন বৃদ্ধি পাইতে থাকিবে, তখন কি পরিমাণ ঘূর্ণকের প্রয়োজন হইবে, মেশিনের গতিশীল অংশের গতিশক্তি (Kinetic energy) কত থাকিবে এবং একটি নির্দিষ্ট সময়ের মধ্যে মেশিনকে কতবার চালু করিতে হইবে।

LICENSING BOARD, WEST BENGAL

Supervisors' Certificate of Competency Examination,

WRITTEN TEST—PART 3

Time—2 hours

Full marks—100

Answer question No. 5 and any other three.

All questions carry equal marks.

1. (a) What is the function of commutator in a d.c. generator? What are the causes of sparks in the commutator and how can these be minimised?

(b) Draw a neat sketch showing the position of inter poles and main poles indicating the polarity in the direction of rotation in a 4-pole (i) shunt generator, and (ii) shunt motor.

2. What is a balancer and where is it installed? Draw a diagram showing the connection of a rotary balancer set in a 3-wire d.c. system.

How will the machines behave if the load on the positive side is more than on the negative side of the system?

3. How does a shunt generator build up voltage?

A shunt generator was lying idle for a long time. State what would be the possible causes if when restarted—

(a) it does not build up voltage,

(b) its positive terminal becomes negative and negative becomes positive?

Suggest remedies.

4. (a) Explain how the speed of a d.c. series motor is controlled—

(i) by using diverter,

(ii) by tapped field method.

Illustrate your answer by neat diagrams.

(b) Draw a diagram of a face plate starter with over load and no-volt coils and explain how do they function.

5. You are required to install a 15 H.P. 440 volts d.c. motor for a lathe machine 30 ft. away from the Distribution Board in a factory. What type of motor will you select ?

Give a list of principal materials with sizes required for wiring of the motor.

Draw a layout diagram complying with the relevant Indian Electricity Rules including earthing of the motor installation.

Give a specimen test certificate of the motor installation with the results of the tests that you will carry out after installation (assume results that you will consider as satisfactory).

State the name of the instruments that you will use for such tests.

বাংলা অনুবাদ

১। (ক) ডি সি জেনারেটরে কমিউটেটরের কর্তব্য কি? কমিউটেটরে স্পার্ক কেন হয় এবং তাহা কি প্রকারে কমানো যায় তাহা লিখ।

(খ) একটি ৪-পোলযুক্ত সাট জেনারেটর ও একটি ৪-পোলযুক্ত সাট মোটরের মেন পোল ও ইটার পোলের পরিষ্কার চিত্র অঙ্কন করিয়া তাহাদের রোটেশনের ডাইরেকশনে পোলারিটি দেখাও।

২। ব্যালেন্সার বলিতে কি বুঝায় এবং কোথায় ইহা স্থাপন করা হয়? একটি থ্রু-ওয়্যার সাপ্লাই সিস্টেমে একটি রোটারি ব্যালেন্সার সেট কিভাবে কানেকশন করা হয় তাহা চিত্রে আঁকিয়া দেখাও।

যদি নেগেটিভ সাইড অপেক্ষা পজিটিভ সাইডে লোড বেশি থাকে তবে ব্যালেন্সার সেটের কোন্ মেলিন ক্লিপ আচরণ করিবে তাহা বর্ণনা কর।

৩। সাট জেনারেটর ক্লিপে ভোল্টেজ উৎপাদন (build up) করে?

একটি সাট জেনারেটর দীর্ঘদিন অব্যবহৃত অবস্থায় পড়িয়া থাকার পর পুনরায় চালু করিতে গিয়া যদি দেখা যায়—

(ক) ইহা ভোল্টেজ উৎপাদন করিতেছে না,

(খ) ইহার পজিটিভ টার্মিনাল নেগেটিভ এবং নেগেটিভ টার্মিনাল পজিটিভ হইয়া গিয়াছে, তাহা হইলে তাহার কি কি কারণ হইতে পারে বুঝাইয়া লিখ।

এইসব অবস্থার প্রতিকারের জন্য কি কি ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে তাহা লিখ।

৪। (ক) নিম্নলিখিত কোণসূত্রি অবলম্বন করিয়া ডি সি মোটরের গতি ক্লিপে নিয়ন্ত্রণ করা যায় তাহা পরিষ্কার চিত্র সহ বুঝাইয়া লিখ—

(১) ডাইভারটারের সাহায্যে।

(২) ট্যাপড্ ফিল্ড মেথড-এর (tapped field method) সাহায্যে।

(খ) ওভার-লোড ও নো-ভোল্ট করেল সহ একটি কেম-প্রেট স্টার্টারের পরিষ্কার পূর্ণ চিত্র অঙ্কন করিয়া ইহারা কিভাবে কাজ করে তাহা ব্যাখ্যা কর।

৫। একটি ফ্যাক্টরিতে ডিষ্ট্রিবিউশন বোর্ড হইতে ৩০ ফুট দূরে একটি লেন্দ মেসিনের জন্য একটি ১৫ বোড়া ৪৪০ ভোল্ট মোটর তোমাকে বসাইতে হইবে। তুমি কি মোটর মনোনীত করিবে?

মোটরটি কানেকশন করিতে প্রধান প্রধান কি কি লাজ-সরঞ্জাম প্রয়োজন হইবে তাহাদের আয়তন সহ তালিকা দাও।

ইণ্ডিয়ান ইলেকট্রিসিটি ব্লক অফিসারী মোটর ইনস্টলেশনটির আরথিং সহ একটি লে-আউট (lay out) ড্রইং অঙ্কন কর।

মোটরটি কানেকশন করিবার পর তুমি যেসব পরীক্ষা করিবে তাহার ফল দিয়া মোটর ইনস্টলেশনের একটি পূর্ণ টেস্ট সার্টিফিকেটের নমুনা দাও (পরীক্ষার ফল বাহা তোমার কাছে সম্ভাবজনক মনে হইবে তাহা বসায়)।

এই সকল পরীক্ষা করিতে কি কি যন্ত্র ব্যবহার করিবে তাহার নাম লিখ।

[মোটরটির স্থাপনের কাজ শেষ হইবার পরে ইনস্টলেশন রেজিস্ট্র্যান্স, আর্থ রেজিস্ট্র্যান্স প্রভৃতি পরীক্ষা করিয়া দেখা হয়। পরে এই সকল পরীক্ষার ফলাফল টেস্ট ফরমের উপযুক্ত জায়গায় বসাইয়া সুপারভাইজার ও ঠিকাদার স্বাক্ষর করিবার পর তাহা লাইসেন্সিং বোর্ডের সেক্রেটারির নিকট জমা দেওয়া নিয়ম। আলোচ্য মোটরটির জন্য টেস্ট ফরম কিভাবে পূরণ করিতে হইবে তাহা নিম্নে দেখানো হইল :

	Number	Total Load	Type or System of Wiring
Motors	one	15 H. P.	V. I. R. Wires drawn through Conduits.

Earthing—

Description of earthing electrode, size of earth wire and number of earth electrodes provided :

Electrode-3" x 9' G. I. pipe,
Earth Wire-No. 6 S. W. G. G. I. earth wire,
No. of electrodes—
Two.

Test Results—

- (i) Insulation resistance for the whole installation :
- (a) between conductors :— 50 megohms.
- (b) between each conductor and earth :— 50 megohms.
- (ii) Resistance of earthing electrode or earthing system : 0.75 ohm.
- (iii) Maximum earthing resistance of installation : 1.0 ohm.

MOTOR & OTHER APPARATUS DETAILS

Purpose of Motor	Motor No.	Maker's Name	H. P.	R. P. M.	Voltage	1 Phase 3 Phase or D. C.
To drive a lathe machine	D/37985	M M C. (India)	15	1400	440	D. C.

[টেস্ট ফরম ইংরাজিতে ছাপা থাকে বলিয়া এখানেও ইংরাজিতেই নমুনা দেওয়া হইল। পরের পৃষ্ঠায় টেস্ট ফরমের পূর্ণ বিবরণ ছাপা হইয়াছে।]

TEST REPORT

(To be furnished to the Secretary, Licensing Board, No. 1, Harish Mukherjee Road, Calcutta-20, by Licensed Contractors, vide condition 4 of Contractor's Licence.)

I/We beg to report that electrical installation work of the following description and falling within the purview of Indian Electricity Rules 45 (1956) has been completed by me/us for the person and at the address noted below. It is certified that the work is in accordance with I. E. Rules, 1956. Rule 32 where applicable has been complied with.

Name and address of

consumer or owner :—

Address of premises where
installation work carried out :—

Voltage and system of supply :—

(a) Particulars of work	Number	Total load	Type or system of wiring.
(i) Light points
(ii) Fan points
(iii) Plug points.....
(i) 2-Pin
(ii) 3-Pin
(iv) Motors
(v) Other plant.....

(b) If the work involves installation
of overhead lines and/or under-
ground cable :—

(c) Earthing—

Description of earthing elec-
trode, size of earth wire and
number of earth electrodes
provided :—

(d) Test Results—

(i) Insulation resistance for the
whole installation :—

(a) between conductors .—

(b) between each conductor and
earth :—

(ii) Resistance of earthing elec-
trode or earthing system :—

(iii) Maximum earthing resistance
of installation :—

Name and Address of Supervisor :

Name and Address of
contractor

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Signature of Supervisor who supervised the work with date Signature of Contractor with date

Certificate No. of Supervisor and the part of class of work for which it is endorsed Registered No. of Contractor's Licence

Supervisor's Certificate valid upto Contractor's Licence valid upto

Place fill in the Form below if applicable.

DETAILS OF MOTORS OR OTHER APPLIANCES

Purpose of Motor	Motor No.	Maker's Name	H.P.	R.P.M	Voltage	1 Phase 2 Phase D. C.
------------------	-----------	--------------	------	-------	---------	-----------------------------

Other apparatus	Machine No.	Maker's Name	Capacity, Amp/HP KW/KVA.	Volts	State whether on Main or Sub-circuit.
-----------------	-------------	--------------	--------------------------	-------	---------------------------------------

Chief Electric Inspector,
West Bengal, Form No.
16 ACJP-A 2145-1960-61-750.

Signature of Supervisor

.....

Date.....

